موضوعات فى

جغرافية البحار والمحيطات

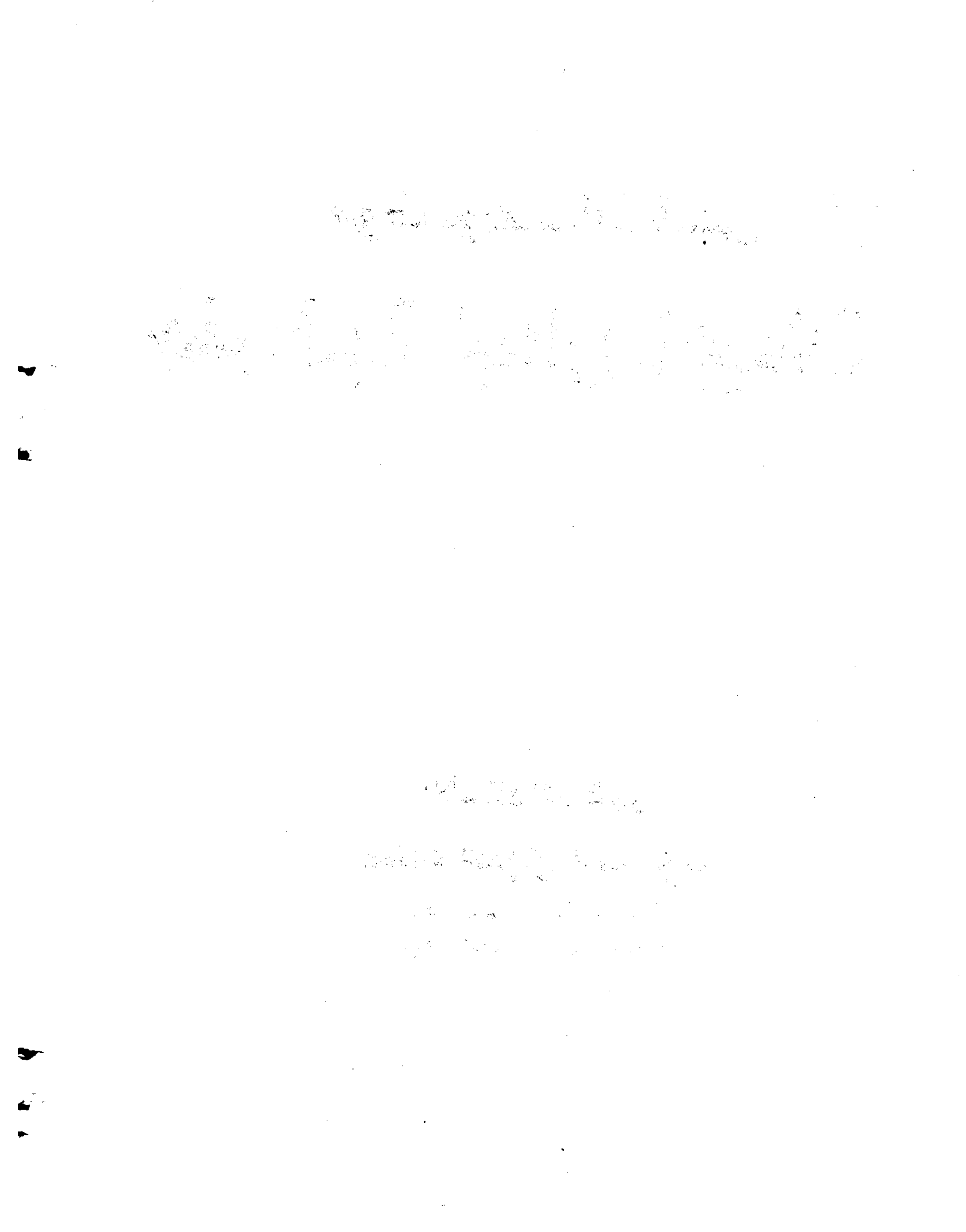
الأستاذ الدكتور

محمد صبرى محسوب

استاذ ورئيس قسم الجغرافيا

كلية الآداب جامعة القاهرة

٢٠٠٥/ ٢٠٠٦



مقدمة:

تعنى كلمة أوقيانوغرافيا Oceanography حرفيا وصف المحيط وهى مشتقة من مقطعين (كلمتين) يونانيتين الأولى Ocean وتعني محيط (باليونانية Okeanos) و (Graphy وتعنى وصف أو صورة) . وقد ذكرت كلمة أوقيانوغرافيا لأول مرة على يد Marry للدلالة على جغرافية البحار والمحيطات وذلك فى أواخر القرن التاسع عشر .

ويعنى هذا العلم بدراسة جغرافية شاملة للبحار والمحيطات منذ نشأة الأحواض المحيطة وخصائص مياهها الكيماوية والطبيعية والحركية (الأمواج والمد والجزر والتيارات وغيرها) ودراسة الكائنات البحرية الحية إلى جانب إبراز الجوانب التطبيقية كمثل ما يحدث مع فروع الجغرافيا المختلفة ودراسة الأهمية الإقتصادية لها .

ويتضمن هذا الكتاب ثلاثة عشر فصلاً . يتناول الفصل الأول (بعنوان مدخل لدراسة البحار والمحيطات) وبعض الوسائل والأجهزة الخاصة بقياسات تسهم دارس البحار والمحيطات وبعض النظريات الخاصة منشأة الأحواض المحيطة ثم الصور التوزيعية للبحار والمحيطات .

ويتناول الفصل الثانى الخصائص الكيمياوية والطبيعية لمياة البحار والمحيطات . ويعالج الفصل الثالث الحرارة والجليد البحرى ثم يلى ذلك الفصل الرابع ويختص بدراسة الأمواج أما الفصل الخامس فيدرس المد والجزر والتيارات المدية ويعالج الفصل السادس التيارات المحيطية ، أما الفصلين السابع والثامن فيدرس أوتهما .

مناطق الرفرف القارى والمنحدر القارى والقاع ويدرس الفصل الثامن بعض المحيطات الرئيسية دراسة تفصيلية ويتناول الفصل التاسع بالدراسة موارد الثروة البحار والمحيطات ويتناول الفصل الحادى عشر التعرية الساحلية والفصل الثانى عشر التكوينات المرجانية وأشكالها المورفولوجية والفصل الأخير (الثالث عشر) ويتناول بإختصار تصنيفات السواحل وينتهى الكتاب بقائمة من المعلومات والسمات الإقيانوغرافية والكثير

من معالم البحار والمحيطات الهامة إلى جانب قائمة بالمصطلحات العلمية الخاصة بعلم البحار والمحيطات .

الفصل الأول

مدخل لدراسة البحار والمحيطات

أولاً: بعض الوسائل والأجهزة المستخدمة فى القياسات الخاصة بالبحار والمحيطات

ثانياً: بعض النظريات الخاصة بنشأة البحار والمحيطات .

ثالثاً: الصور التوزيعية للبحار والمحيطات .

أولاً: بعض الوسائل والأجهزة المستخدمة فى القياسات الخاصة بالبحار والمحيطات

١ ـ وسائل وأجهزة قياس المد والجزر:

تستخدم فى الوقت الحاضر وسائل حديثة لقياس حركة المد والجزر على السواحل وأشهرها مقياس المد Tide gauge والذى عادة ما يوجد فى الموانئ البحرية ويبدأ التسجيل بعد ظهور القمر وعند اكتماله بدرا.

كذلك توجد تيارات خاصة لقياس سرعة التيارات المائية أهمها إكمان Ekman meter وعداد روبرت Robert meter وعداد كالفن Kalvin meter

٢ ـ قياس الأمواج:

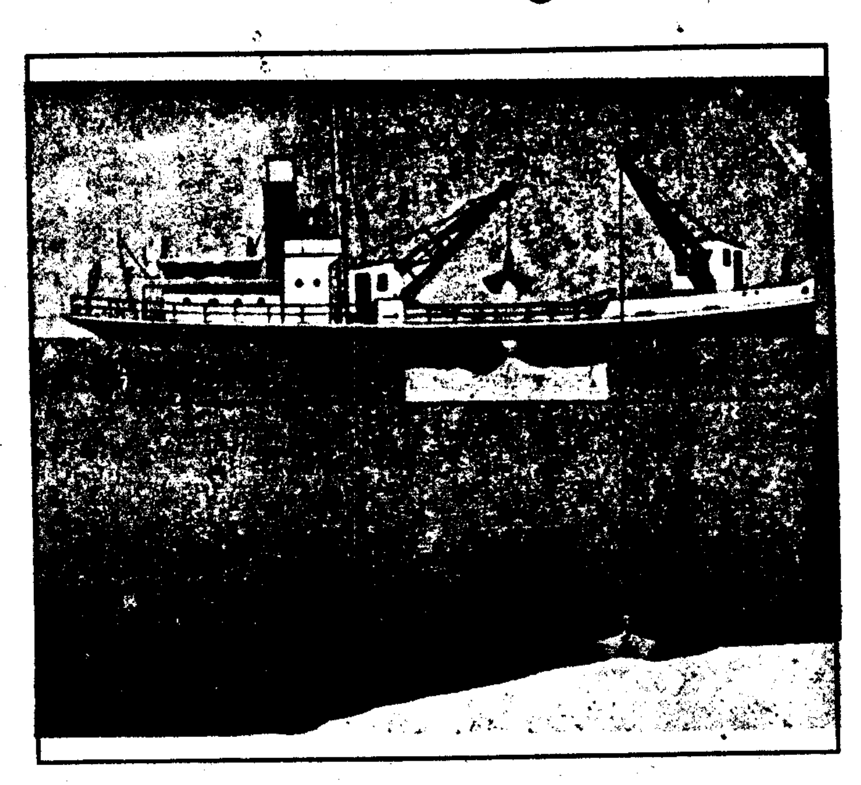
أصبح من السهل قياس الأمواج وسط المحيط بواسطة مسجل الأمواج Wavec-recorder المثبت بالسفينة، وكذلك أمكن تطوير وسائل قياس الأمواج فى المياه الضحلة بواسطة قوارب صغيرة أو بواسطة أجهزة مثبتة على الشاطئ. ويستخدم الرادار فى الوقت الحاضر فى دراسة وقياس الأمواج وخاصة فيما يتعلق بأبعادها المتمثلة الموجة Wave height وكذلك يستخدم فى قياس تردد الأمواج Waves frequency

كذلك استطاع كل من إنمان Inman وناسو Nasu سنة ١٥٩٦ استخدم جهاز لقياس السرعات المدارية للأمواج Orbital velocities فى مناطق التكسر، وقد أثبت هذا الجهاز صلاحيته واستخدم مع غيره من أجهزة فى دراسة خصائص الأمواج والتيارات الشاطئية (King ,c.A.M.1964 , P141).

٣ـ وسائل قياس حركة الرواسب فى المياه الشاطئية الضحلة:

للحصول على بيانات هامة عن كمية وخصائص حركة الرواسب عند القاع تم تنفيذ العديد من التجارب منها تثبيت قوائم معدنية عند أعماق ٣٠ ـ ٥٢ ـ ٧٠ قدما يتم من خلالها قياس ما طرأ من تغير فى منسوب الرواسب الرملية الشاطئية. كذلك استخدمت رواسب اصطناعيه لدراسة التغيرات التى يمكن أن تحدث فى قاع البحر أمام الشاطئ وعلى سبيل المثال تم إلقاء أكثر من ٦٠١ ألف ياردة مكعبة من الرمال على بعد نصف ميل من شاطئ لونج بيتش بولاية نيوجيرسى، وذلك بهدف إنعاش (إعادة بناء) البلاج الذى يعانى من النحت.

وكان العمق الذى ألقيت فيه الرمـال ٣٨ قدما، وبدراسة الأثر الميكانيكى للأمواج وجدناها قـد تشكلت فى صورة حـافة طوليـة ممتدة ومنخـفضة وتبـين الصورة رقم (١) كيفية الحصول على الرواسب من قاع البحر.



صورة رقم(١) كيفية الحصول على الرواسب من قاع البحر

وقد قامت تجارب أكثر تطورا فى اليـابان وذلك باستخدام المواد المشعة وذلك فى سواحـل منطقة تومـاكومى Tomacomi، وقد أظهـرت التجـارب المتطورة أن الرمال التى يبلغ قطرها ١٣ , مم قد بدأت تتحرك عند عمق ٦م مع حدوث أمواج ارتفاعها نحو٢م.

٤ ـ التصوير الفوتوغرافى تحت الماء:

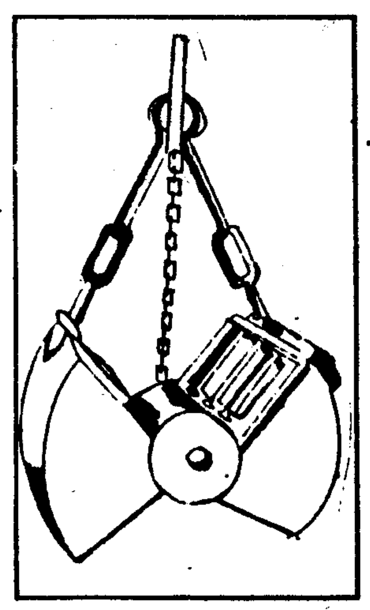
بدأ التـصوير الفوتوغرافى فى الأعماق الضحلة (١٥٠ ـمترا) على يد إيونج M. Ewing سنة ١٩٤٠ وتقدمت بعد ذلك وسائل التـصوير الفوتوغرافى تحت الماء بواسطة آلات تصـوير تستطيع ضـغط الماء وتصور بدقـة كل الظاهرات الطبـيعـية والحيوية فى بنياتها الطبيعية عند أعماق مختلفة.

وقد تمكن معهد سكريبس لعلوم البحار بالولايات المتحدة تركيب أوناش خاصة بإنزال آلات التصوير من السفن إلى الأعماق دون تعرضها للتلف واستخدام هذه الآلات لتصوير أجزاء واسعة من قطاع المحيط الهادى بواسطة سفينة الأبحاث المعروفة أطلانطس.

وأصبح من اليسير الآن التصوير الفوتوغرافى والتلفزيونى من الأعماق السحيقة لخدمة أغراض البحث العلمى والتنقيب عن المعادن واستخراج البترول وتحديد مناطق الصيد وغير ذلك.

٥ ـ أجهزة جمع العينات الصخرية من القاع:

توجد أجهزة خاصة بجمع عينات من صخور القاع منها ما يستخدم فى استخراج الصخور والتكوينات المفتتة أكثرها استخداما كباشة باترسون Patterson Sample ويستخدم فى أخذ عينات من الصخور كبيرة الحجم نسبيا (شكل٢) ويمكن كذلك أن تستخرج عينات صخرية بنفس ترتيبها على الطبيعة (يراجع بالتفصيل حسن أبو العينين، ص٨٩).



شكل(٢)

ومن أجهزة استخراج عينات الصخور الصلبة بقاع البحر Coring بريمة فلجر Phleger-carer والتى يمكن استخدامها من فوق ظهر قوارب صغيرة الحجم. وبريمة ماكريث Mackereth-carer وهى تعمل بواسطة الضغط الهيدروستايتكى مما يؤدى إلى دفع الصخور داخلها وتستخدم عادة فى المياه الضحلة.

وهناك بريمة تستخدم فى الأعماق السحيقة أشهرها بريمة كولنبرج وتتكون من أنبوب من الصلب القوى يختلف طوله حسب الغرض المطلوب استخدامه فيه. وينتهى طرفه السفلى بحافة مدببة حادة وذلك لتقطيع الصخور وتفتيتها.

وجدير بالذكر أن سفينة الأبحاث جللومر تشالنجر Glomer-Challenger تمكنت من استخدام حفارات لجلب رواسب عند أعماق سبعة آلاف متر (٢٣ ألف

قدم) والحصول على عينات صخرية على عمق ٧٥٠ مترا أسفل قاع هذه الأعماق وذلك خلال رحلاتها العديدة فى الفترة من أواخر الستينات حتى أوائل السبعينات من هذا القرن. وقد ساعدت أبحاثها على تغيير معرفتنا السابقة عن أصل ونشأة الأرض (Hichling, c, F and Broun P.L.,P 193).

٦ ـ أجهزة الغوص الحديثة:

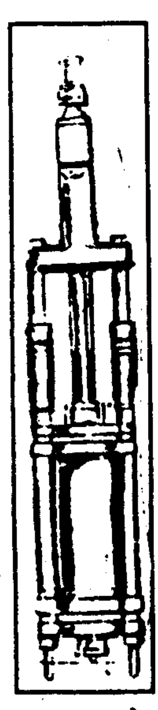
من هذه الأجهزة تلك التى اخترعها وصممها أوجست بيكار السويسرى سنة ١٩٤٧ وهى عبارة عن كرة من الصلب تتحرك فى مياه البحر حركة رأسية بطريقة آلية ثم قام بتصميم غواصة أعماق أخرى تعرف باسم «تريست» وتمكن من النزول بها خانق مريانا قرب جزر الفلبين عند عمق ٣٥٨٠٠ قدم (أكثر من ١١,٠٠٠ متر) وقد كان لهذا الاختراع أثره الكبير فى أعطاء الفرصة لعلماء الأوقيانوغرافية لدراسة الأعماق والبيئات الحيوية النباتية والحيوانية البحرية فى أعماقها المختلفة، وتطورت بعد ذلك وسائل الغوص المختلفة بشكل سريع وذا تقنية تقدمة للغاية مثل غواصة الأعماق المتوسطة Meso Scap وهى مصنوعة من الألومنيوم يمكنها الوصول إلى عمق ٢٠ ألف قدم وتشبه الغواصة العادية فى إبحارها تحت الماء ولكنها تصل إلى أعماق أبعد منها بأكثر من عشرين مرة (طريح شرف، ص٦٩).

٧ ـ أجهزة قياس الحرارة بالماء السطحى والأعماق:

تستخدم ترمومترات منقلبة توضع فوق زجاجات خاصة تستخدم فى جمع عينات المياه من الأعماق وتقوم بتسجيل درجة حرارة العمق المأخوذة منه العينة.

وأشهر هذه الزجاجات زجاجة نانسن Nansen bottel وهى عبارة عن أنبوب زجاجى يتحمل ضغط الماء عند الأعماق السحيقة. تدلى إلى الأعماق المطلوبة من فتحتها والتى يتم غلقها بعد ملئها وسحبها إلى أعلى بطريقة كهربائية (شكل ٣)

ويوجد جهاز مسجل حرارة الأعماق Bathy thermograph. يقوم بتسجيل حرارة الأعماق المختلفة.



شكل(٣)

٨ ـ جهاز قياس شفافية المياه بالأعماق المختلفة:

يتمثل الجهاز التقليدى الخاص بقياس الشفافية فى قرص معدنى أبيض يبلغ قطرة ٣٠ سنتيمتر يعرف بقرص سيكى يدلى فى الماء إلى أن يختفى وعند سحبه يعرف العمق الذى من خلاله نقيس شفافية المكان فيقال الشفافية مثلا فى منطقة معينة ٣٠ مترا، فالرقم الأخير يمثل درجة الشفافية تبعا لهذا المقياس.

وبالنسبة لقياس الشفافية الآن، تستخدم خلية ضوئية داخل صندوق خاص ذا سطح زجاجى يتصل بجهاز لقياس التيار الكهربى (مثل الجلفانومتر على ظهر السفينة) وعند وصول الضوء إلى الجهاز داخل الصندوق عند أى عمق يؤثر فى الخلية الضوئية والتى تؤثر على مقياس التيار الكهربى والذى بدوره يقيس قوة الضوء. ويحسب من خلاله درجة الشفافية بدقة أكثر وسهولة أكبر.

* * *

ثانياً: بعض النظريات التى تفسر كيفية تكون المحيطات

١- النظرية التتراهيدية Telrahedral Theory وتعريف بنظرية المنشور ثلاثى الأضلاع وثلاثى الحواف . وقد تبناها لوثيان جرين Lothian G وذلك فى عام ١٨٧٥ وترى هذه النظرية أن الأرض كانت كتلة سائلة ثم تصلبت بعد أن بردت ونتيجة لذلك أنكمشت لتأخذ بشكل المنشور الثلاثى أو الهرمى بحيث إحتلت القارات الحواف البارزة وإحتلت المحيطات المساحات الأوسع والأخفض التى تمثل أسطح المنشور وهذا ما تشن كثيراً توزيع اليابس والماء الحالى حيث تبدو اليابس فى شكل مثلثات تتجه قممها نحو الجنوب كما يظهر ذلك من الشكل التالى رقم (   ) بحيث يحتل الماء الجزء الأعظم حالياً من نصف الكرة الجنوبى (٨٣٪ تقريباً) .

ولكن أهم نقد يوجه للنظرية التتراهيدية أنها تجاهلت كون دوران الأرض لابد أن تؤدى إلى الشكل الكروى . ثم أنها لم تفسر لمسبب إتخاذها الشكل المنشورى دون سواه من أشكال أخرى وذلك عندما تعرضت للإنكماش بعد برودتها .

٢- نظرية الإزاحة القارية Continental Drift تعد من أفضل النظريات القديمة قبل ظهور الألواح النكوتية - التى تفسر كيفية نشأة المحيطات والقارات بالصورة التى توجد عليها الآن . وقد ظهرت فى البداية عندما أثارها تيلور عام ١٩١٠ ثم بلورها الفرد فجنير Alfred wegner عالم الطبيعة الألمانى وذلك بداية من عام ١٩١٢ وظل يطورها بعد ذلك بنحو ١٠ سنوات ويمكن أن نلخص ما جاء فى هذه النظرية على النحو التالى :

- كان اليابس حتى أواخر الزمن الأول يتكون من كتلة واحدة متماسكة يتغلغل خلالها زراع مائى (بحرتش) يفصلها إلى كتلتين الكتلة الشمالية وتعرف بإسم لوراسيا Laurasia والكتلة الجنوبية تعرف بكتلة جندوانا لابذ Gondwana وكانت الكتلة كلها بلوراسيا وجندوانا تعرف بإسم بانجايا Panagae .

- كانت كتلة بنجايا تتركز في العصر الفحمى (الكربونى) حول القطب الجنوبى وكانت المياة تحيطها من كل إتجاه .

- تعرضت الكتلة المتماسكة أواخر العصر الكربونى للتصدع وبالتالى التحرك فى إتجاهات معينة .

- إتجهت كتلة إستراليا بإتجاه الجنوب الشرقى والهند (الدكن) نحو الشمال الشرقى وأفريقيا وأوروبا بإتجاه الشمال والشمالى الغربى والأمريكتان غرباً .

- تحركت هذه الكتلة بفعل قوة الطرد المركزية وقوة الجاذبية الشمسية Solar gravitation والقمر .

- مع تحرك هذه الكتلة فى الإتجاهات المختلفة إتسعت الشقوق (الصدوع) لتشكل المحيطات التى نراها الآن .

مبررات النظرية:

١- تشابة الساحلين الشرقى والغربى للأطلنطى جيولوچيا وبالنيتولوچيا إلى جانب التشابة فى الشكل .

٢- إمتداد نطاقات الفحم الحجري فى نطاق عرضى في العروض العليا بقارات العالم الشمالية وهى بطبيعة الحال نتاج تحليل غابات مدارية مما يدل على حدوث حركة إزاحة للقارات بإتجاه الشمال بعيداً عن خط الإستواء والنطاقات المدارية ونفس الشئ بالنسبة للتربة الحمراء التى وجدت فى بريطانيا وهى تربة تشبة اللاتيريت مدفونة تحت رواسب أضرت مما يدل على حركة الأزاحة سابقة الذكر .

٣- إختلاف بين فى الحفريات الحيوانية والنباتية بين قارة أمريكا الجنوبية وجريرة أنتوفاجستا القريبة مما يدل على حركة الأراضى الأمريكية غرباً بإتجاه الجزيرة .

فسرت النسرية الكثير من القضايا مثل تطابق ساحل أفريقيا الغربى وساحل شرق أمريكا الجنوبية ووجود كتلة الأطلنطى الوسطى (لسافتا تشالنجر ودولفن) وتشابة السلاسل الجبلية فى كل من أمريكا الشمالية (شرقها) وجرينلند وأسكتلندا وغرب أوروبا .

نقد النظرية:

١- إستحالة قدرة الطرد المركز على تحريك كتل ضخمة مثل الدكن أو أستراليا . كما أنه من المستحيل أن تكون الجاذبية الشمسية قادرة على تحريك الأمريكتين غرباً .

٢- وجود إنفراج فى الزاوية عند تطابق الساحل الغربى الأفريقى والساحل الشرقى لأمريكا الجنوبية قدرة نحو ٦ درجات .

٣- عدم وجود تشابة واضح بين الخصائص الجيولوجية والباينتولوجية بين شرق أفريقيا وغرب الدكن وغبر أستراليا .

ومع وجود هذا النقد إلا أن هذه النظرية مازالت قائمة وهناك ردود على نقاط النقد هذه ربما تكون فى صالح النظرية نفسها مثل الإنفراج فى زاوية التقاء الساحلية حيث تفسر من خلال رتق الجانب الأطلنطية الوسطى الغارقة والتى كانت تشغل هذا الإنفراج .

الألواح التكتونية Plate teclonics

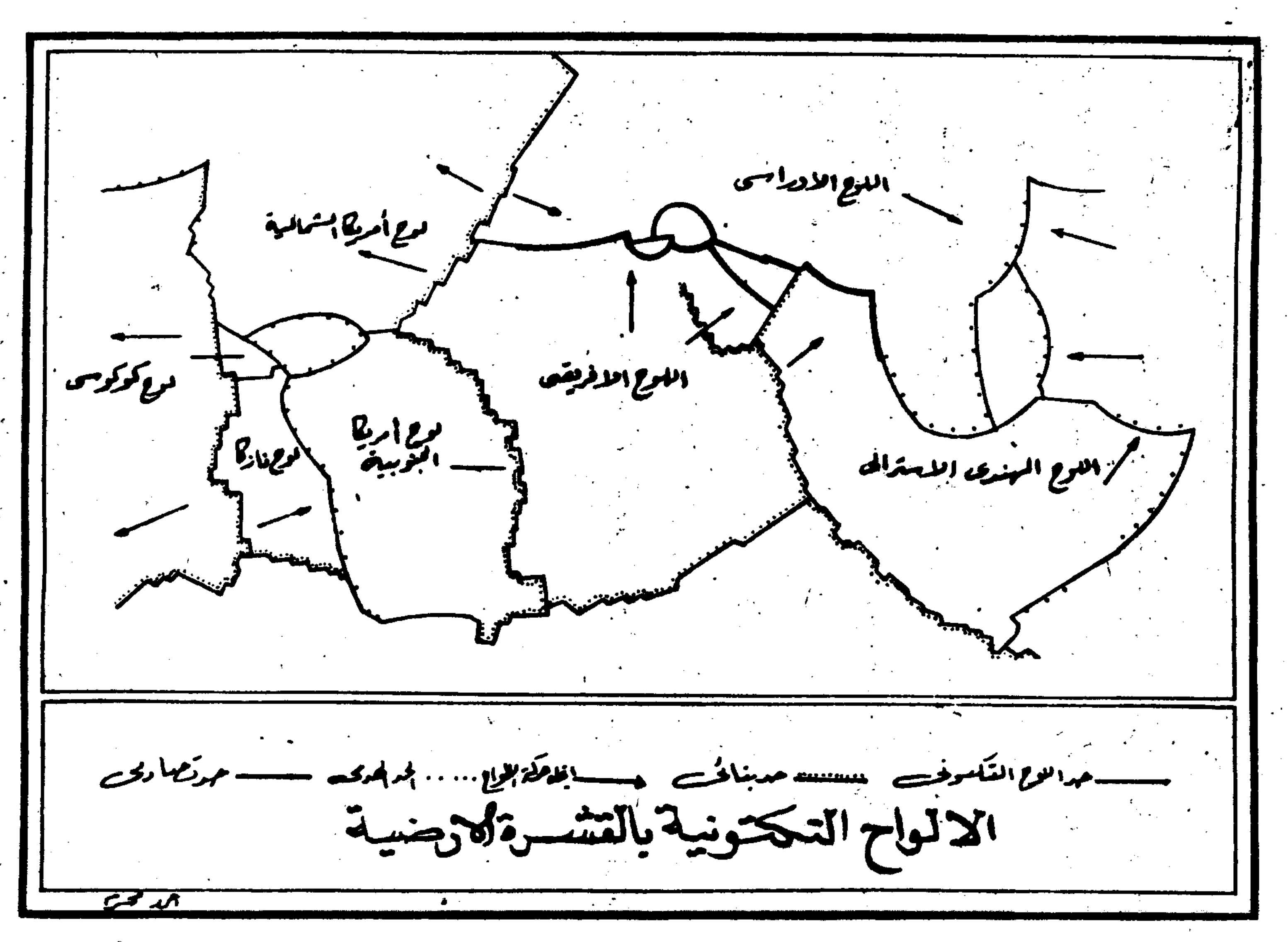
إن الفهم الحديث لقشرة الأرض وطبقة المانتل وتراكيب القارات والخوانق المحيطية والسلاسل الجبلية والنشاط التكتونى ، كل هذه تعتمد أساسا على نظرية الألواح التكتونية .

مضمون النظرية : ترى هذه النظرية أن طبقة الليثوسفيرEarth's lithosohere تتكون من ١١ لوحا ضخما تتحرك عبر طبقة الاثينوسفير* المنصهره جزئيا ، بعض الحدود بين الألواح تكون متباعدة Diverging والأخرى متقاربة (ملتقيه) Converging أى تتجه نحو بعضها فى تحركها وحدود هذه الألواح تقع عند تشققات عميقة أو سلاسل جبليتعاليه أو أخاديد بحرية عميقة ، وتتراوح سماكه هذه الألواح مابين ٧٥ و ١٢٥ كيلو متر .

وعندما تتباعد هذه الألواح ينشأ بينها فراغ يمتلىء بالصهير البازلتى القادم من طبقة الأثنوسفير مثلما يوجد وسط المحيط الأطلنطى ، حيث أنه مازالت حتى الأن تخرج من القاع كميات كبيرة جداً من الصهير البركانى التى تبرد تباعاً لتتحول إلى صخور بركانية تتشكل فى صورة سلسلة من الجبال الغاطسة ، تمتد من الشمال إلى الجنوب وسط المحيط الإطلنطى (شكل ٩)

---

* الإثنو سفير Athenosphere هى الطبقة العلوية من طبقة المانتل وتقع اسفل قشره الأرض مباشرة وتتكون من صخور ذات كثافه نوعيه عاليه فى حاله شبه منصهره (مرنه) .


اللوح الاوراسى
لوح أمريكا الشمالية
لوح كوكوس
لوح نازكا
لوح أمريكا الجنوبية
اللوح الافريقى
اللوح الهندى الاسترالى
حد اللوح التكتونى
حد بنائى
اتجاه حركة الألواح
الحد الهدمى
حدود تصادمى
الالواح التكتونية بالقشرة الارضية
احمد محمد

شكل (١)

وعندما تقترب الألواح من بعضها تتصادم وتهبط مقدمة إحداها (طرفها) أسفل مقدمة اللوح الآخر فتنصهر في السطح العلوى للمانيل ، بينما يرتفع الطرف الآخر مكوناً جبالاً تقع في مواجهتها أخاديد بحرية عميقة .

ويحدث هذا التصادم على حواف بعض القارات كما سيتضح ذلك فيما بعد أما عندما تتحرك بعض الألواح التكتونية تحركا جانبيا بشكل مماس لبعضها فإنها تحدث تكسير وتدمير في منطقة التحرك (التماس) يصاحب ذلك إندفاعات بركانية وزلازل عنيفة في كثير من الأحيان *وهذا ما يمكن تتبعه في المنطقة الفاصلة بين الكتلتين الأمريكية الشمالية والكتلة الروسية في منطقة كاليفورنيا .

وفي حاله تعرض الألواح أو القطاعات منها التى جزأتها الصدوع إلى أيه حركات من الحركات السابقة ، خاصة المتقاربة يؤدى ذلك إلى خضوعها لقوى ضغط وقوى شد ، وسواء عاد الصخر إلى شكله الأولى فيما يعرف بالإرتداء المرن للصخر أو تكسر أو تهشم Crushed فأن كميات كبيره من الطاقة المبذولة تتحول إلى طاقة حركية تنتقل في شكل موجات تنتشر في جميع الإتجاهات بشكل إشعاعى وهى ما اشرنا اليها سابقاً بالموجات الزلزالية .

ويلاحظ من توزيع معظم السلاسل الجبلية أنه تقع على مقربة من ملتقى الألواح التكتونية بما فيها السلاسل الغاطسة .

* يرجع ذلك إلى احتكاك الألواح ببعضها في خطوط التماس بينها .

وهكذا تحدث التحركات التكتونية التى تنتاب قشرة الأرض على طول الحدود الفاصلة بين الألواح التكتونية Plate - boundares وذلك من خلال تقارب الألواح أو تباعدها أو عن طريق الإزاحة بالتماس مما يسبب حدوث اضطرابات باطنية تنعكس على القشرة الأرضية فى صورة تشققات وصدوع وأندفاعات بركانية وأهتزازات أرضية وهبوط وأرتفاع .

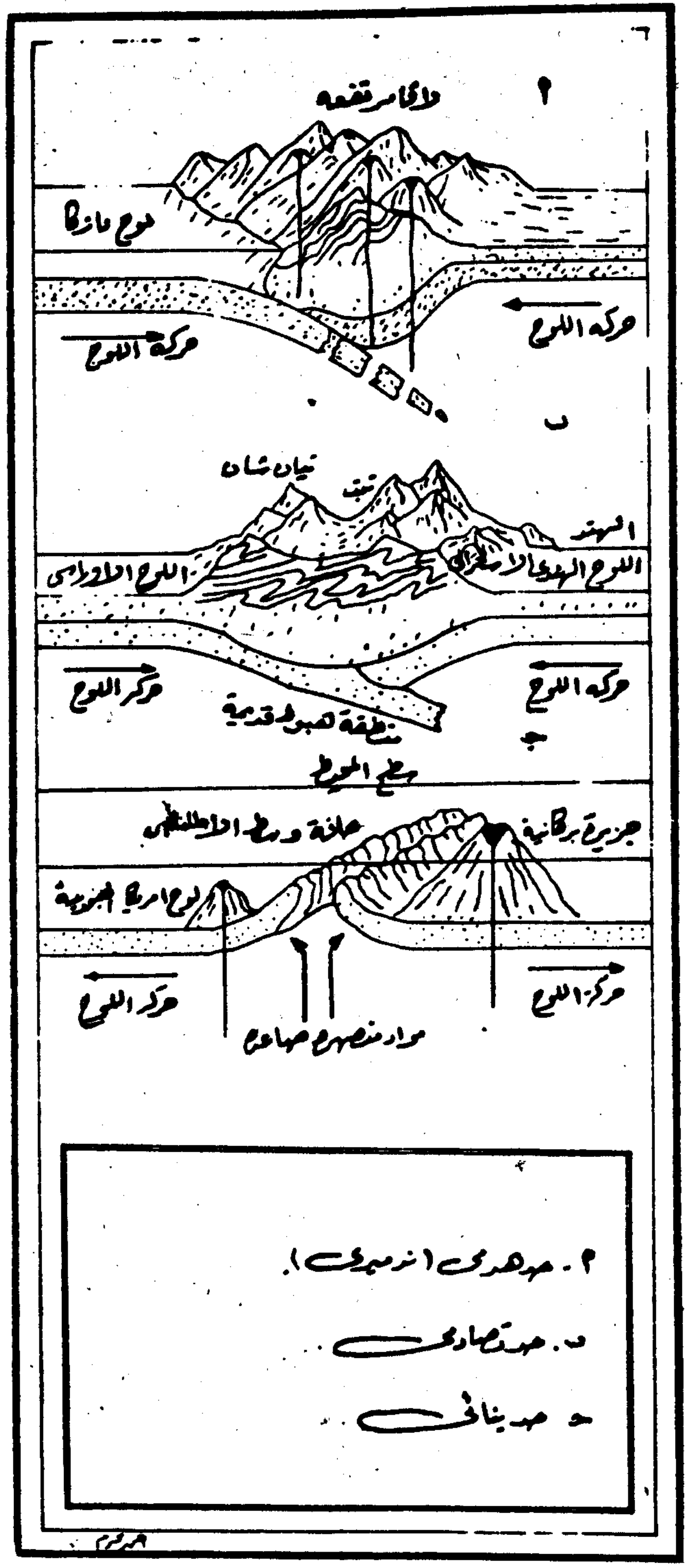
ويمكننا أن نتفهم طبيعة الألواح التكتونية وأثارها من خلال دراسة تفصيلية إلى حد ما للوح أمريكا الجنوبية باعتباره من الأكثر الألواح التكتونيه التى درست من قبل العلماء والباحثين .

يتمثل الحد الشرقى لهذا اللوح التكتونى فى السلسل الإطلنطية لاوسطى mid - atlantic - ridge وهى منطقة تباعد divergence أو تمدد فى قاع البحر حيث تمتد سلاسل جبلية بارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠متر ممتدة تقريبا من الشمال إلى الجنوب على طول وسط المحيط الإطلنطى وتتحرك بشكل بطئ حيث تمتلئ الفراغات المتولدة عنها بلافا بازلتيهBasaltic lava صاعدة من الإثينوسفير Astheno sphere

والحافة الإطلنطية الوسطى مثل كل هوامش الألواح التكتونية تعد واحدة من أحدث أجزاء سطح الأرض ومن ثم فإن قشرة أرضية جديدة تنشأ بشكل ثابت .

وبسبب تباعد اللوح التكتونى فإن الافا البازلتيه الصاعدة نتيجة توسع الأخدود بين الوحين* تنتقل شرق وغرب حدود اللوح وهذه العملية ينتج عنها سيمتريه (تناسق) طوبوغرافى على قاع المحيط الإطلنطى (شكل١٠)

* يقصد بهما اللوح الأفريقى واللوح الإمريكى الجنوى .


أ
حركة اللوح
حركة اللوح
ب
تيان شان
تبت
الهند
اللوح الأوراسي
اللوح الهندي الاسترالي
حركة اللوح
حركة اللوح
منطقة تصدم قديمة
جـ
سطح المحيط
جزيرة بركانية
حافة وسط الأطلنطي
لوح أمريكا الجنوبية
حركة اللوح
حركة اللوح
مواد منصهرة صاعدة
أ- حد هدمي (اندماجي).
ب- حد تصادمي.
جـ- حد بنائي.

شكل (١٠)

وتقدر كمية اهواء القشرة الأرضية المضافة على كلا جانبي الحافة بنحو سنتيمتر فى السنة وهذا المعدل الصغير سوف يبلغ جملته بعد مليون سنه نحو ٥٠ كيلو متر من القشرة الجديدة .

والواقع أن اتساع القاع فى كل من الإطلنطى والهادى يتم بشكل سريع مما يجعلنا نعتقد بأن العمر الجيولوجى الذى استغرق فى تكونهما أقل من مائتى مليون سنة (Wilcóck, D. 1983,P19.) .

وجدير بالذكر أن صعود اللافا أو الماجما عند هوامش اللوح التكتونى (لوح امريكا الجنوبية) من مناطق نشاط بركانى حديث وكلها تمثل اجزاء بارزة من الحافة الإطلنطية الوسطى .

أما الهامش الغربى للوح أمريكا الجنوبية فإنه يتطابق مع الحد الغربى للقارة، فبينما يتحرك لوح نازكا Nazca plate * من الغرب إلى الشرق نجد أن لوح امريكا الجنوبية يتحرك نحو الغرب وعندما يلتقيان فإن طرف أحدهما (وهو مكون من مواد من صخور الليثوسفير) يغوص إلى أسفل نحو طبقة المانتل وينصهر بالتالى مع ارتفاع درجة الحراره ، ونظراً لأن القشرة المحيطية مقدمتها (طرفها) المواجه لامريكا الجنوبية فى الشرق يغوص اسفله نحو طبقه المانتل وهذه الحالة دائما ما توجد عند تقابل لوح قارى بأخر محيطى واقترابهما من بعضهما وحيث يهبط لوح نازكا اسفل لوح امريكا الجنوبية فان الإحتكاك بينهما يسبب حدوث زلازل على طول نظم الصدوع بالساحل الغربى لامريكا الجنوبية إلى جانب تحول مقدمة

** لوح تكتونى مغمور تحت مياه المحيط الهادى ويقع إلى الغرب من لوح أمريكا الجنوبية .

لوح نازكا الهابطة نحو المانتل إلى مواد ماجمية منصهره مما جعلها مصدراً للبراكين النشطة Active volcanoes بجبال الإنديز وهذه البراكين تخرج منها لافا سيالة اكثر منها سيما حيث تحتوى على نسبة اكبر من السيليكا وتتميز بكثافتها النوعية المنخفضة على العكس من التكوينات البازلتيه الأثقل وزنا والأقل فى محتواها من السيلكات والتى تكون الألواح التكتونية المحيطية المصدر الرئيسى لها .

ومن ثم فإن عدداً كبيراً من علماء الطبيعة الإرضية يعتقد فى أن اللافا الأخف وزنا فى هذه البراكين هى نتاج انصهار تكوينات ذات أصل قارى .

وعلى ضوء ما سبق ذكره فإن هبوط طرف اللوح المحيطى اسفل الطرف القارى يعد عملية ذات أهمية كبيرة فى نشأه مواد قاريه جديدة على هوامش القارات الحالية ، وهى أيضا مسئولة عن نشأة أرض جديدة فى شكل جزر بركانية تمتد فى صورة أقواس جزرية مثل مجموعه جزر كوريل والوشيان وجزر ماريانا ، حيث أن هذه الجزر قد نشأت عندما انصهرت الألواح التكترنية المحيطية مع الضغط الزائد والحرارة والإحتكاك الذى تعرضت له عن مناطق الإنتقاء بين لاألواح التكترينة حيث ترتفع المواد المنصهره إلى السطح فى شكل خطوط من البراكين ، أما الأخاديد البحرية العميقة مثل اخدود كوريل Kurile trench وأخدود الوشيان واخدود ماريانا فإنها تمثل مناطق الهبوط نفسها .

ثالثاً: الصور التوزيعية للبحار والمحيطات:

يطلق على كوكب الأرض الكوكب المائى وذلك لكون المسطحات المائية من بحار ومحيطات وبحيرات تشغل أكثر من ٧١٪ من جملة مساحة سطح الأرض .

وهناك خمسة محيطات ترتبط جميعها ببعضها البعض وهى المحيط الجنوبى والمحيط الهادى والمحيط الهندى والمحيط الأطلنطى والمحيط القطبى الشمالى يفصل بينهما وبين اليابس نطاقات من المياه الضحلة (أقل عمقاً من ٢٠٠ متر) تعرف بالرفارف القارية Continental shelves وهى تختلف فى اتساعها من منتصف ساحلية إلى أخرى . وأهم مناطق على طول سواحل شمال غرب أوروبا وعلى طول سواحل سيبيريا وقاع البحر الأصفر وقاع بحر حاوة وعلى طول الساحل الشمالى الشرقى لأمريكا الشمالية وعلى طول سواحل خليج المكسيك وقاع خليج كاربنتاريا وعلى طول سواحل هضبة بتاجونيا .

ويوضح الجدول فى الصفحات الأخيرة من الكتاب . مساحات المحيطات والبحار البينية والبحار القارية يتضح منه أن جملة مساحة المحيطات والبحار تبلغ ٣٦١ مليون كيلو متر مربع من جملة مساحة العالم ككل وقدرها ٥١٠ مليون كيلو متر مربع تشغل القارات منها ١٤٩ مليون كم٢ .

تبلغ مساحة المحيط الهادى نحو ٢ ,١٦٥ مليون كم٢ يلية الأطلنطى مساحة ٤ ,٨٢ مليون ثم الهندى ٤ ,٧٣مليون . ويعد المحيط القطبى (البحر العظمى) أكبر البحار فى العالم بمساحة ١٤ مليون كم٢ يلية بحر الملايو ١ ,٨ ثم خليج المكسيك والبحر الكاريبى ٣ .٤ والمتوسط ٩٦ ,٢ وخليج هدسن ٢ مليون كيلو متر مربع . والبحر البلطى ٤٢٢ ألف كم٢ ثم البحر الأحمر ٤٣٧ ألف والخليج العربى ٢٣٨ ألف (راجع الجدول رقم ١١ أخر الكتاب) ويلاحظ على توزيع اليابس والماء ما يلى :

- تختلف النسبة بينهما ما بين نصفى الكرة الشمالى والجنوبى .

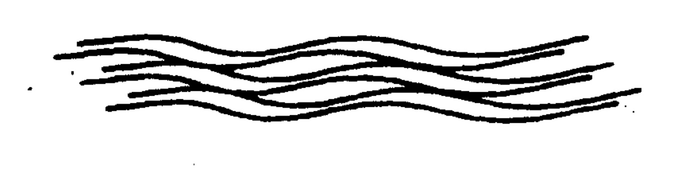
- يكاد الماء يطوق الكرة الأرضية ما بين خطى عرض ٥٠° و ٦٠° جنوباً حيث تمتد ثلاثة كتل مائية ضخمة من هذه العروض الجنوبية بإتجاه الشمال أكبرها جميعاً المحيط الهادى ثم الأطلنطى ثم الهندى .

- يطلق على النطاق المائى جنوب دائرة عرض ٤٠° جنوب المحيط الأطلنطى الجنوبى الذي تقسم مياهه عادة على المحيطات الثلاثة المذكورة أنفا .

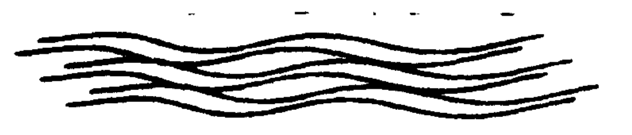
- يلاحظ من خريطة توزيع اليابس والماء نجد أن اليابس لا يشغل شيئاً يذكر (٨ ،٪) فقط وذلك بين دائرتي عرض ٥٠° و٦٠ جنوباً .

- إحاطة قارة أنتاركتيكا بالمياه بالكامل وهى كتلة يابسة تمثل نهاية الكرة الأرضية جنوباً - يقابلها فى الشمال كتلة مائية (المتجمد الشمالى تكاد تحاط باليابس فى المقابل) .

- تبلغ نسبة الماء فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ٦٨٪ واليابس ٣٢٪ بينما فى نصف الكرة الجنوبى تبلغ نسبة اليابس ٢٧٪ فقط والباقى وقدرة ٨٣٪ من الماء .



الفصل الثانى



الخصائص الكيميائية والطبيعية لمياه البحار والمحيطات

أولاً ـ الملوحة Salinity

مقدمة:

يجب بداية ألا ننظر لمياه البحر على أنها مجرد مياه عذبة تحتوى على أملاح معدنية مذابة، إنها فى الواقع بيئة حيوية شديدة التباين والتعقيد.

وهناك بعض الحقائق التى يجب أن نأخذها فى الاعتبار عند دراسة ملوحة مياه البحار والمحيطات تتمثل بإيجاز فيما يلى.

١ ـ أن الملوحة من أهم الخصائص الكيماوية لمياه البحار، وتبلغ نسبتها العامة نحو ٣٥ فى الألف.

٢ ـ تحتوى مياه البحار بجانب الأملاح المعدنية على بعض المعادن الهامة مثل اليورانيوم والفضة والنحاس والذهب وغيرها وهى موجودة فى مياه البحار عالقة ويصعب للغاية استغلالها فى الوقت الحاضر لحاجتها إلى تكنولوجيا متقدمة للغاية خاصة مع ضآلة كمياتها والتى تتضح إذا ما تصورنا أن أربعة ملايين طن من مياه البحر تحتوى على ثلاثة أطنان من الذهب، بينما تحتوى على ١٢٠ مليون طن من ملح الطعام (طريح شرف، ص١٥٩).

٣ ـ أن أملاح البحر تحتوى على ٨٩٪ كلوريدات و ١٠٪كبريتاتSulphates ,٢٪ كربونات، ويعد كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام أكثر أنواع الأملاح شيوعا.

٤ ـ يستخرج من مياه البحرحاليا كميات من معدن المغنسيوم(*) وهو من المعادن الخفيفة المستخدمة فى الصناعات الرئيسية كالطائرات ويوجد بمعدل أكثر من اثنين ونصف كيلو جرام لكل طن من مياه البحر، وكذلك يستخرج البروم والذى يدخل فى صناعات عديدة مثل الأصباغ وكذلك اليود والكوبالت وغيرها.

(*) يقدر الآن بأن ٦٥٪ من إنتاج العالم من المغنسيوم يأتى مباشرة من مياه البحار.

٥ ـ أن نسبة الملوحة تختلف من منطقة إلى أخرى بالمحيطات مرتبطه بمجموعة من العوامل تتمثل فى الحرارة وكمية المياه العذبة القادمة إليها من الأنهار وغير ذلك مماسوف يذكر تفصيلاً فيما بعد.

٦ ـ تقدر كمية الأملاح الذاتية بما يمكن أن يغطى سطح القارات بطبقة ملحيه سمكها ١٥٠ مترا (*) (Hickling, c.F,and Brown,p.L.,p90).

٧ ـ أن نسبة الملوحة تختلف فى البحار الداخلية عنها فى البحار والمحيطات بعضها يسجل نسبة ملوحة مرتفعة مثل البحر الميت وبحيرة جريت سولت ليك، وبعضها تختلف أنواع الأملاح المذابة فيه عن تلك الموجودة فى البحار الهامشية والمحيطات مثل بحر قزوين الذى تبلغ فيه نسبة كربونات الكلسيوم ثلاث مرات قدر نسبتها فى المحيطات وهو بالطبع أقل ملوحة بصفة عامة بسبب مايتلقاه من مياه نهر الفولجا وبسبب وقوعه فى عروض معتدلة

١ ـ مصدر ملوحة مياه البحار:

تعتبر قشرة الأرض المصدر الرئيسى للأملاح حيث تنقل إلى البحار عن طريق الأنهار، وعلى هذا الأساس فإن مياه البحار تحتوى على كل العناصر المكونة لقشرة الأرض، وجدير بالذكر أن هناك اختلافات فى التركيب الكيماوى لمياه الأنهار بالمقارنة بمياه البحار، فعلى سبيل المثال نجد أن الكلوريدات تمثل ٨٩٪ من نسبة الأملاح بالبحار، بينما تمثل كربونات الكلسيوم نحو ٩٠٪ من أملاح الأنهار وهذا يقودنا إلى القول بأن الأنهار إما أنها لا تلقى بأملاح كافية إلى البحر أو أن ما تنقله يفقد بشكل ما وبالفعل فإن كميات ضخمة من كربونات الكلسيوم وأملاح أخرى يستخدمها الحيوانات البحرية، وكذلك النباتات فى بناء هياكلها الجيرية والسليكية. ومن هذه الحيوانات بوليب المرجان Coral والمنخربات والقشريات وغيرها.

ورغم ما سبق ذكره من حقائق فإن كمية الملح القليلة القادمة إلى البحار بواسطة الأنهار تزيد من ملوحتها.

وهناك مصادر أخرى لملوحة مياه البحار تتمثل فى المقذوفات البركانية ولكنها تعد مصادر ثانوية الأملاح.

(*) تقدر هذه الكمية وفقا لجولى Joly بـ ٥ الف مليون طن لو تصورنا سحبها من البحر لانخفض منسوبها إلى مائة قدم عن الوضع الحالى له

٢ ـ أنواع الأملاح ونسبها بمياه البحار والمحيطات:

كما ذكر فى مقدمة هذا الفصل توجد العديد من الأملاح الذائبة فى مياه البحار تتعدد الطرق الخاصة بحساب كميتها، منها كثافة عينة من ماء البحر ومن خلالها تحسب نسبة ملوحة الماء. وقد أظهر التحليل الكيماوى الذى قام به ديتمارDittmar أثناء وجوده مع بعثة السفينة العلمية تشالنجر سنة ١٨٨٤ أن هناك نوعاً من الأملاح يعد كلوريد الصوديوم أكثرها شيوعا.

وتوجد فى الواقع سبعة أنواع من الأملاح الرئيسية المذابة فى مياه البحار تتمثل فى الآتى وفقا لنسبتها فى الألف ونسبتها المئوية لبعضها البعض.

جدول (٣) الأملاح الرئيسية بمياه المحيطات ونسبها المئوية

نوع الأملاح	الرمز	الكمية فى الألف	نسبتها المئوية إلى بعض
كلوريد الصوديوم	Na cl	٢٧,٢١٣	٧٧,٨
كلوريد المغنسيوم	Mg cl2	٣,٨٠٧	١٠,٩
كبريتات المغنسيوم	Mg so4	١,٦٥٨	٤,٧
كبريتات الكلسيوم	Ca so4	١,٢٦٠	٣,٦
كبريتات البوتاسيوم	K2 so4	,٨٦٣	٢,٥
كربونات الكلسيوم	Ca Co3	,١٢٣	,٣
بروميد المغنسيوم	Mg	,٠٧٦	٠٢

ومن الجدول يتضح أن كلوريد الصوديوم يمثل الملح الرئيسى المذاب فى مياه البحار يليه كلوريد المغنسيوم بفارق كبير جدا فى النسبة ثم كبريتات المغنسيوم وبقية الأملاح السبعة الرئيسية.

وطبقا لدراسات ديتمار Dittmar , Forchammer فإن النسبة المذكورة فى الجدول السابق بين الأملاح المذابة فى البحر ثابتة، أما النسبة الكلية للأملاح فى البحار فتتراوح ما بين ٣٤ إلى ٣٧,٥٪ (Hickling. c .F Brown,.L,.90) .

٣ ـ العوامل المؤثرة فى الملوحة:

تختلف درجة الملوحة كما رأينا سابقا من منطقة إلى أخرى ويرجع ذلك التباين إلى اختلاف أثر العوامل التى تتحكم فى كميتها وتوزيعها والتى يمكن إيجازها فيما يلى:

(أ) التبخر: يؤثر التبخر بصورة مباشرة على نسبة الملوحة فى مياه البحار حيث يرتبط بالتبخير تركز الأملاح فى الماء. وتبلغ كمية المياه المتبخرة من البحار والمحيطات ٣٣٤,٠٠٠ كم٣ / السنة وفقا لتقدير «وست»Wust، بمعدل تبخر سنوى قدره ٩٣سم وإن كان هذا الرقم يقل وفقا لتقدير شمت Shmidt إلى ٧٦سم/ سنة.

وجدير بالذكر أن ملوحة مياه البحار تقلل نسبيا من معدلات التبخر إذا ما قورنت بالأنهار، كما أن البحار التى تزداد بها معدلات التبخر تزداد بها بالتالى نسبة الملوحة مثلما الحال فى البحر الأحمر وخاصة الجزء الشمالى منه.

(ب) التساقط Precipitation: يؤدى التباين فى التساقط فى صورة مطر أو ثلوج إلى التباين فى توزيع الملوحة السطحية بمياه البحار والمحيطات. فرغم ارتفاع الحرارة فى العروض الاستوائية فإن الملوحة أقل منها بالعروض المدارية بسبب غزارة الأمطار طوال السنة ونفس الشىء نجده فى المناطق الممطرة بالبحار فى العروض المختلفة.

(جـ) مياه الأنهار: من الأمور البديهية أن تقل نسبة الملوحة قرب مصبات الأنهار بسبب ما تأتى به من مياه عذبة تمتد لمسافات كبيرة داخل البحر وخاصة مع الأنهار الكبيرة مثل الأنهار والنيل والكونغو واليانجتسى والكانج وغيرها.

فنسبة الملوحة تنخفض فى بحر قزوين إلى نحو ١١٪ بسبب ما يأتى به نهر الفولجا من مياه عذبة وكذلك الحال فى البحر البلطى وخليج بوثينا والأخير تنخفض فيه نسبة الملوحة إلى أدنى حد لها (٢٠٪).

(د) الضغط الجوى والرياح: يؤثر الضغط الجوى والرياح على الملوحة وتوزيعها بالبحار المختلفة، فعلى سبيل المثال نجد أن الضغط الجوى بالبحر البلطى أخفض بالمقارنة ببحر الشمال، وكذلك تتجه مياه الأخير إلى البحر البلطى الأقل ملوحة، كما أن الرياح التجارية الشمالية تسوق المياه الدافئة الأكثر ملوحة من شواطئ كاليفورنيا ،ونتيجة لذلك تنبثق مياه أبرد وأقل ملوحة من القاع لتحل محلها.

وقد تتعرض البحار شبه المغلقة أو بعض البحار الهامشية لعواصف عنيفة تؤدى إلى اختلاط سطحى للماء وتعمل بالتالى على تخفيض أو زيادة نسبة الملوحة. كما تعمل الرياح السطحية الدائمة إلى نقل المياه الدافئة زائدة الملوحة من الشواطئ الغربية للقارات فى العروض الدنيا والوسطى ومن الشواطئ الشرقية فى العروض العليا مما ينتج عنه تغيرات فى توزيع الملوحة.

(هـ) حركة مياه البحر: تلعب حركة المياه الرأسية والأفقية دورها فى إعادة توزيع الملوحة كما اتضح من قبل. ويمكن أن نجمل ما سبق فى إيجاز شديد بأن الملوحة السطحية تعتمد على ثلاثة عوامل متداخلة فهى تنقص بالتساقط وتزداد بالتبخر وتتغير ويعاد توزيعها بالاختلاط(Sharma. C, and Vatal, M, p 174.) .

٤ ـ توزيع الملوحة فى البحار والمحيطات:

(أ) التوزيع الأفقى للملوحة: تتأثر نسبة الملوحة فى توزيعها تبعا لخط العرض فهى تقل عند خط الإستواء وما جاوره شمالا وجنوبا بسبب غزارة الأمطار والقلة النسبية فى معدلات التبخر وتسجل وأعلى معدلاتها (٣٦٪) فى النطاق المحصور شمالا بين خطى عرض ٢٠ ـ ٤٠ درجة شمالا وجنوبا. وفى نصف الكرة الجنوبى تصل ما بين خطى عرض ١٠ ـ ٣٠ درجة جنوبا (٣٦٪) ثم تتناقص ما بين ٤٠ ـ ٦٠ شمالا وجنوبا لتصل بينهما على التوالى ٣١٠٪ و٠٣٣٪، بينما تنخفض فى العروض القطبية بسبب إذابة الجليد وعموما نسبة الملوحة فى النصف الشمالى من المحيطات تصل إلى ٣٤٠٪، بينما تزيد فى النصف الجنوبى إلى ٣٥٠٪ ويرجع ذلك إلى سيادة المياه فى النصف الجنوبى وسهولة اختلاط المياه السطحية فيه بالمقارنة بالنصف الشمالى.

ويوضح الجدول التالى (٤) نسبة الملوحة تبعا لخط العرض

خطوط العرض	نسبة الملوحة فى الألف
٥٠ - ٧٠	٣ - ٣١
٤٠ - ٥٥	٣٣ - ٣٤
١٥ - ٤٠	٣٥ - ٣٦
١٠ج - ١٠ش	٣٥ - ٣٤,٥
١٥ - ٣٠ج	٣٦ - ٣٥
٣٠ - ٥٠ج	١٥ - ٣٠ج
٥٠ - ٧٥ج	٣٤ - ٣٣

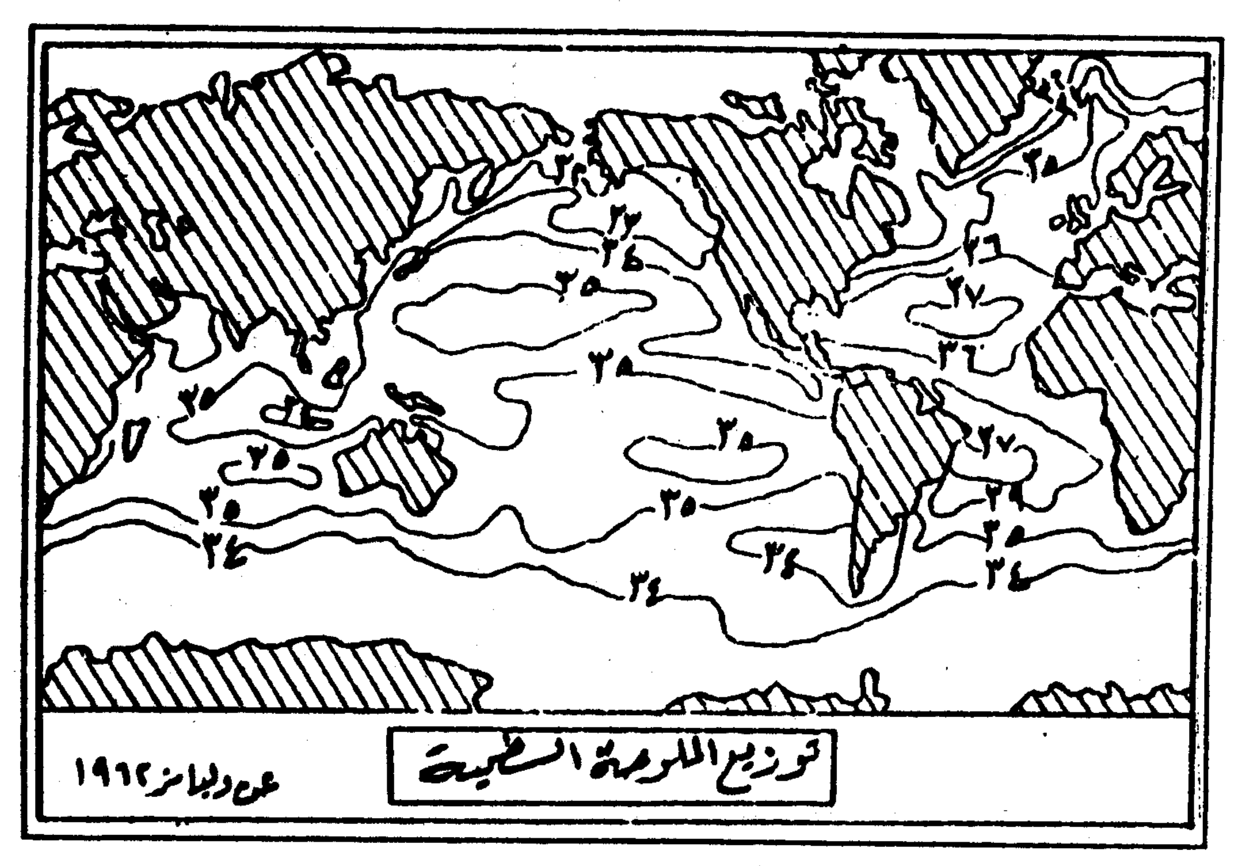
جدول رقم (٤) توزيع الملوحة بالبحار وفقا لخط العرض

ونخلص منه أن هناك انخفاضا لنسبة الملوحة فى المنطقة الاستوائية وارتفاع فى المنطقة المدارية شمالا وجنوبا ثم انخفاض فى العروض المعتدلة وأدنى درجة للملوحة فى العروض دون القطبية.

وبسبب المياه العذبة التى تلقيها الأنهار فى المياه الساحلية نجد الملوحة على المناطق الساحلية تكون بصفة عامة أقل من أعالى البحار، وتدل خطوط الملوحة المتساوية isohalines على أن اختلاف الملاحة أكبر تعقيدا من الارتباط بخط عرض معين، ويرجع ذلك إلى عمليات الاختلاط الناتجة عن حركة المياه الرأسية والأفقية وما تأتى به الأنهار من مياه عذبة وغيرها (شكل رقم (٧)).

وبالنسبة للبحار نجد أن البحار المتصلة بالمحيطات ترتبط ملوحتها بالتبادل المائى من خلال التيارات البحرية، فعلى سبيل المثال نسبة الملوحة غربى البحر المتوسط ٣٦٪ وذلك قرب مضيق جبل طارق حيث تأتى مياه الأطلنطى فى شكل تيار سطحى، بينما تبلغ فى شرقه قرب سواحل فلسطين ٣٩٪ ونفس الصورة تقريبا نجدها فى البحر الأحمر، حيث تقل الملوحة فى أقصى الجنوب قرب باب المندب إلى ٣٧٪، بينما تصل عند مدخل خليج العقبه إلى ٤٠٪ ويرجع ارتفاع

ملوحته إلى زيادة التبخر وعدم وجود أنهار ذات شأن إلى جانب جفاف المنطقة التى يمتد خلالها.



(شكل ٨)

وأما عن توزيع الملوحة بالنسبة للمحيطات فيمكن إيجازها كما يلى:

أ ـ المحيط الأطلنطى: متوسط ملوحته ٣٥,٦٧٠٠٪ وتبلغ فى النطاق الإستوائى ٥ درجة ش ـ ٥ درجةج (٣٤,٩٠٠٪) وتصل إلى ٣٦٠٠٪ بين ٥ درجة إلى ١٥درجة شمالا، وتزداد الملوحة على طول ساحل البرازيل الجنوبى الشرقى بسبب ما يحمله تيار البرازيل الدافئ من مياه ملحة دافئة، وتزداد الملوحة فى الجزء الشمالى الشرقى من الأطلنطى بسبب تيار الخليج الدافئ، بينما تنخفض الملوحة على الساحل الشرقى لأمريكا الشمالية شمال خط عرض ٣٥ درجة ش لتصل إلى ٣٢٠٠٪ وفى الأطلنطى الجنوبى تكاد تمتد خطوط الملوحة المتساوية فى موازاة خطوط العرض وفيما بين ١٠ درجة ـ ٣٠ درجة جنوبا نحو زيادة الملوحة فى الشواطئ الغربية، بينما تؤدى حركة الانبثاق السطحى للماء إلى انخفاض الملوحة قرب الشواطئ الشرقية، كما تنخفض الملوحة قرب مصبات الأنهار لتصل انخفاض أمام مصب الكنغو إلى ٣٤٠٠٪ وعند مصب النيجر إلى ٢٠٠٠٪ والأمزون ١٥٠٠٪.

جـ ـ **المحيط الهندى:** تصل نسبة الملوحة فيما بين خطى عرض صفر ـ ١٠ درجة ش ٣٥,١٤ ٠٫٠ تقل بالاتجاه شمالا فتصل فى خليج السنغال إلى ٣٠ ٠٫٠ حيث

اسم المحيط أو البحر	درجة الملوحة	الاسم	درجة الملوحة	الاسم	درجة الملوحة
المحيط القطبى	٢٠ ـ ٣٥	الكاريبى	٣٥ ـ ٣٦	البحر الأحمر	٣٧ ـ ٤١
بحر شمال استراليا	٣٣ ـ ٣٤	خليج كاليفورنيا	٣٥,٥	الخليج العربى	٣٧ ـ ٣٨
برنج واكتسك	٣٠ ـ ٣٢			البحر المتوسط	٣٧ ـ ٣٩
بحر اليابان	٣٠ ـ ٣٤				
بحر الصين	٢٥ ـ ٣٥				
بحر الشمال	٣١ ـ ٣٥				
القنال	٣٢ ـ ٣٥				
البلطى	٣٠ ـ ٣٢				
سانت لورنس	٣ ـ ١٥				
البلطى	٣ ـ ١٥				

جدول رقم (٥) تصنيف المحيطات والبحار تبعا لدرجة الملوحة

وأما عن الملوحة فى البحار المتصلة بالأطلنطى نجدها فى بحر الشمال ٣٤٪ بسبب وصول تيار الخليج، بينما تنخفض إلى ١١ ٠٫٠ فى البحر البلطى بسبب تدفق مياه نهر الأودر ونهر الفستولا، حيث نسبة الملوحة تتدنى فى خليج بوثنيا إلى ٢ فى الألف فقط وتصل فى خليج المكسيك والكاريبى إلى ٣٦ ٠٫٠ بسبب مياه التيار الإستوائى.

ب ـ **المحيط الهادى:** تصل الملوحة عند خط الإستواء إلى ٣٤,٨٥ ٠٫٠ وفيما بين خطى ١٥ ـ ٣٠ درجة جنوبا وشمالا تمتد منطقة ترتفع بها نسبة الملوحة إلى ٣٥٪ وتقل قرب سواحل آسيا بسبب قدوم المياه العذبة وأثر تيار كمتشتكا البارد.

وتقل الملوحة على طول السواحل المدارية غرب أمريكا الوسطى وكاليفورنيا السفلى بسبب حركة انبثاق الماء من القاع إلى السطح، ويقل قرب سواحل شيلى إلى ٣٣ ٠٫٠ وتقل الملوحة بالاتجاه نحو العروض العليا حيث يصل إلى ٢٨ ٠٫٠ وإلى أقل من ذلك قرب سواحل كندا وجزر الوشان.

جـ ـ المحيط الهندى: تصل نسبة الملوحة فيما بين خطى عرض صفر ـ ١٠ درجة ش ٣٥,١٤ ٪ تقل بالاتجاه شمالا فتصل فى خليج السنغال إلى ٠٣٠ ٪ حيث يصب نهر الكانج، بينما ترتفع إلى ٠٣٦٪ فى البحر العربى حيث يسود الجفاف ويزداد التبخر وقرب جزيرة جاوة تصل الملوحة إلى٣٤ فى الألف وتزداد الملوحة قرب سواحل غرب أستراليا بسبب الجفاف، بينما تقل قرب مصبات الأنهار بالمحيط الهندى إلى ٠٣٠٪ قرب مصب الكانج وإلى ٠٢٠٪ عند مصب نهر إيراوادى.

وتزداد الملوحة فى الخليج العربى والبحر الأحمر لأسباب ذكرت آنفا. وأعلى نسبة ملوحة سجلت بالبحار الداخلية فى بحيرة «فان» شرق تركيا ٠٣٣٠٪ وفى البحر الميت ٠٢٤٠٪ وبحيرة جريت سولت ليك ٠٢٢٠٪ وترجع الملوحة المرتفعة هنا إلى عدم انصراف مياهها وارتفاع معدلات التبخر.

ثانياً ـ الخصائص الطبيعية:

١ ـ كثافة مياه البحار:

كثافة أية مادة تتمثل فى العلاقة بين الكتلة والحجم. عادة ما تكون جرامات إلى السنتيمترمكعب. ويبلغ الماء العذب كثافته القصوى عند درجة حرارة ٤درجة مئوية. ومن ثم فإن كثافة ماء البحر تختلف تبعا لدرجة ملوحته.

١ ـ ضوابط الكثافة:

١ ـ الحرارة : تتراوح درجة الحرارة فى المحيطات ما بين ٣ ـ ٢٧ درجة مئوية. ويؤدى ارتفاع الحرارة إلى انخفاض الكثافة والعكس مع انخفاض درجة الحرارة والذى يؤدى إلى انكماش الماء وزيادة كثافته. وعلى هذا الأساس نجد أن ماء البحار بالعروض العليا كثافته مرتفعة بالمقارنة بالمياه بالعروض المدارية. وإن كان يجب الأخذ فى الاعتبار أن الماء الدافئ ليس دائما ذا كثافة منخفضة؛ لأن هناك عوامل أخرى لها أهميتها فى تحديد الكثافة مثل الملوحة والضغط الجوى.

وعموما، وجد أن الماء الدافئ Warm Water الذى يتميز بملوحته الزائدة يصل إلى أعلى كثافة له عندما يبرد بصورة مفاجئة (Sharma ,R.C and Vatal, P.182) كما يحدث مع مياه تيار الخليج الدافئ عندما يصل إلى العروض العليا شمال غرب أوربا.

٢ ـ الملوحة: تعد الملوحة العامل الرئيسى الثانى المتحكم فى كثافة ماء البحر، وقد وجد من خلال القياسات والتجارب أن المياه التى نسبة ملوحتها ٣٥ فى الألف وحرارتها صفر مئوى تبلغ كثافتها ١,٠٢٨ (Lake,P.,1949,P154) وبصفة عامة ترتفع كثافة المياه بالبحار ارتفاعا يتمشى تمشيا طرديا مع ارتفاع نسبة الملوحة والتى تتمثل كما اتضح من الصفحات السابقة فى مواد صلبة مذابة فى المياه مما يؤدى إلى زيادة وزنها.

٣ ـ الضغط: يعد الضغط من العوامل الهامة فى تعديل كثافة مياه البحار والمحيطات، فقد أظهرت الدراسات أنه مع انخفاض درجة الحرارة يرتفع الضغط يرتبط بذلك ارتفاع فى كثافة ماء البحر. وإذا قل الضغط زاد الحجم وانخفضت الكثافة.

٤ ـ حركة المياه: وجد أن الكثافة ترتفع أو تنخفض وفقا لالتقاء الكتل المائية Convergence أو تفرقها Divergence حيث تزداد الكثافة مع الحركة الأولى للكتل المائية وتقل فى مناطق التفرق.

وتزداد الكثافة كذلك فى مناطق حدوث الانبثاق UP Welling وتقل فى مناطق الهبوط والتقلص Shrinking وذلك على السطح بينما تزداد عند القاع.

توزيع الكثافة:

تختلف كثافة مياه البحار تبعا لاختلاف خط العرض معتمدة فى ذلك على اختلاف خصائص المياه من خط الإستواء حتى القطبين، وبصفة عامة تزداد المياه كثافة بالاتجاه شمالاً وجنوبا من خط الإستواء(*). وتلعب المياه العذبة القادمة من الأنهار أو نتيجة ذوبان الجليد والأمطار دورها فى تقليل الكثافة. وأكثر أنهار العالم فى كثافة مياهها البحر الأحمر وخليج كاليفورنيا والبحر المتوسط.

الكثافة النسبية: Relative Density

وهى عبارة عن وزن الماء العذب تحت درجة حرارة معينة وضغط معين. ويبلغ الماء العذب كما ذكر أقصى كثافة له تحت ضغط عادى عند مستوى

(*) يقتصر ذلك على المياه السطحية فقط.

سطح البحر عندما تكون درجة حرارته ٤ درجة م، وتكون كثافتة فى هذه الحالة جرام واحد لكل سنتيمتر مكعب، وعلى هذا فإن كثافة ماء البحر عبارة عن النسبة بين كثافة ماء البحر والماء العذب تحت درجة حرارة ٤ درجة م (فايد، ص٧٩).

٢ ـ شفافية مياه المحيطات:

ترتبط الشفافية بمدى تغلغل الضوء (الأشعة الضوئية) نحو القاع. وتتوقف هذه الشفافية على كمية الرواسب العالقة بالماء ونوع هذه الرواسب وكذلك على نوعيه الضوء الساقط على الماء وشدته. (طريح شرف، ص١٦٦).

وكانت الطريقة التقليدية المستخدمة فى قياس الشفافية عبارة عن تدلية قرص أبيض قطره ٣٠ سم (١٢بوصة) يعرف بقرص سيكى secchi-disc تدلية بصورة عمودية فى مياه البحر إلى أن يختفى عن النظر، وعندئذ يقاس العمق الذى اختفى عنده، ومن ثم فإن هذا العمق يعبر عن الشفافية، وعادة ما يكون هذا العمق صغيرا فى المياه الشاطئية ويتراوح بها ما بين خمسة إلى خمسة وعشرين مترا ويتزايد بالابتعاد عن الشاطئ، وقد سجل أكبر عمق للشفافية حتى الآن فى مياه بحر «سرجاسو» [(١)] وكان ٦٦ مترا، أما بالنسبة للطرق الحديثة لقياس الأعماق، فمن أكثرها استخداما طريقة استخدام الخلايا الكهروضوئية لقياس الأعماق، ويتم ذلك بوضع قرص معدنى حساس للضوء فى صندوق من الزجاج يدلى فى الماء. بحيث يسقط عليها الضوء ويتولد من ذلك تيار كهربائى تسجل قوته فى جهاز خاص فوق سطح السفينة، وتتناسب هذه القوة مع قوة الضوء فى العمق المطلوب تحديده.

وجدير بالذكر أن الموجات الشمسية الساقطة على سطح الماء لا تتغلغل بأكملها ولكن جزءا منها يرتد إلى أعلى تبلغ نسبته نحو ٣٠٪ من جملة الأشعة. ونظرا لاختلاف طول هذه الموجات الإشعاعية فإن الأشعة القصيرة منها تصل إلى

---

(١) فى الجزء الغربى الأوسط من الأطلنطى حيث توجد دوامة بحرية كبيرة مما يؤدى إلى غوص الماء الملحى الكثيف وبقاء الماء الصافى على السطح، ويزيد من صفاء هذا الماء قلة الأحياء المائية به (فايد، ص٨٤).

أعماق بعيدة والعكس مع الموجات الطويلة مثل الحمراء والتى تمتص بالقرب من السطح (عادة ما لا تتعمق إلى أبعد من خمسة عشر مترا من السطح، بينما تتغلغل الأشعة الصفراء حتى عمق مائة متر) .

والواقع أن لشفافية المياه دور كبير فى تحديد ما يعرف بـ «المنطقة الضوئية الفعالة» وهى المنطقة الغنية بالأحياء البحرية من نباتات وحيوانات دقيقة حيث لايخفى ما للضوء من أهمية قصوى فى عملية التمثيل الكلورفيللى اللازمة لتكون المادة العضوية فى البحر والتى تقوم بها تلك الكائنات الدقيقة المعروفة بالبلانكتون النباتى Phytoplankton والبلانكتون الحيوانى Zooplankton والتى لابد لها من قدر من الطاقة الضوئية، وكذلك نجد زيادة وازدهار فى تكاثر الفيتوبلانكتون فى العروض المدارية بسبب قوة الضوء والعكس صحيح فيما يختص بمناطق العروض العليا (شريف ، ص ١٦١).

٣ ـ لون ماء البحر:

اللون السائد فى مياه المحيطات البعيدة عن الشواطئ هو اللون المائل للزرقة. ويرجع هذا اللون إلى أن الأشعة الزرقاء وهى أقل أنواع الأشعة امتصاصا لقصر موجاتها ـ تنعكس وتتفرق عند سقوطها على سطح الماء بواسطة ذرات المواد العالقة بمياه البحار أو بواسطة جزئيات الماء ذاته Molecules، وهكذا يبدو اللون الأزرق الظاهرى لمياه البحار والمحيطات، وهذا يشبه ما حدث من اللون الأزرق للسماء.

وفى أغلب الأحوال ما يظهر اللون الأخضر فى المياه الشاطئية الضحلة وخاصة أمام مصبات الأنهار أو الأخضر الضارب للصفرة.

وعادة ما يرجع اللون الأخضر فى المياه الشاطئية الضحلة إلى اختلاط اللون الأزرق الظاهرى للماء باللون الأصفر للمواد التى تتكون مع البلانكتون النباتى أو مع اللون البنى أو الأحمر للطحالب التى توجد بكثرة شديدة بالمياه الساحلية الضحلة Littoral zone.

وكثيرا ما تلعب المواد المذابة أو العالقة دورا كبيرا فى اختفاء اللون لمياه البحار مثلما الحال فى بحر الصين الشرقى حيث تبدو المياه ذات لون ضارب للصفرة Yel-lowish بسبب الرواسب الضخمة العالقة بمياهه والقادمة بواسطة أنهار

الصين. وكذلك تميز المياه أمام مصب الأمازون بلون بنى أو قريب من الأحمر وذلك تبعا للون الرواسب الصلصالية المشتقة من تربة اللاتيريت الإستوائية الحمراء المميزة لسهول السلفا Selva Plains بحوض نهر الأمازون.

كذلك يتميز تيار الخليج الدافئ باللون الأزرق النيلى واللون الرمادى الداكن لتيار اليابان والذى كان سببا من أسباب تسميته بتيار اليابان الأسود (كيروشيو).

وجدير بالذكر أن الشعاب المرجانية ببعض الشواطئ المدارية تؤدى إلى اختفاء اللون الأزرق الداكن والأزرق الباهت إلى مياه البحر.

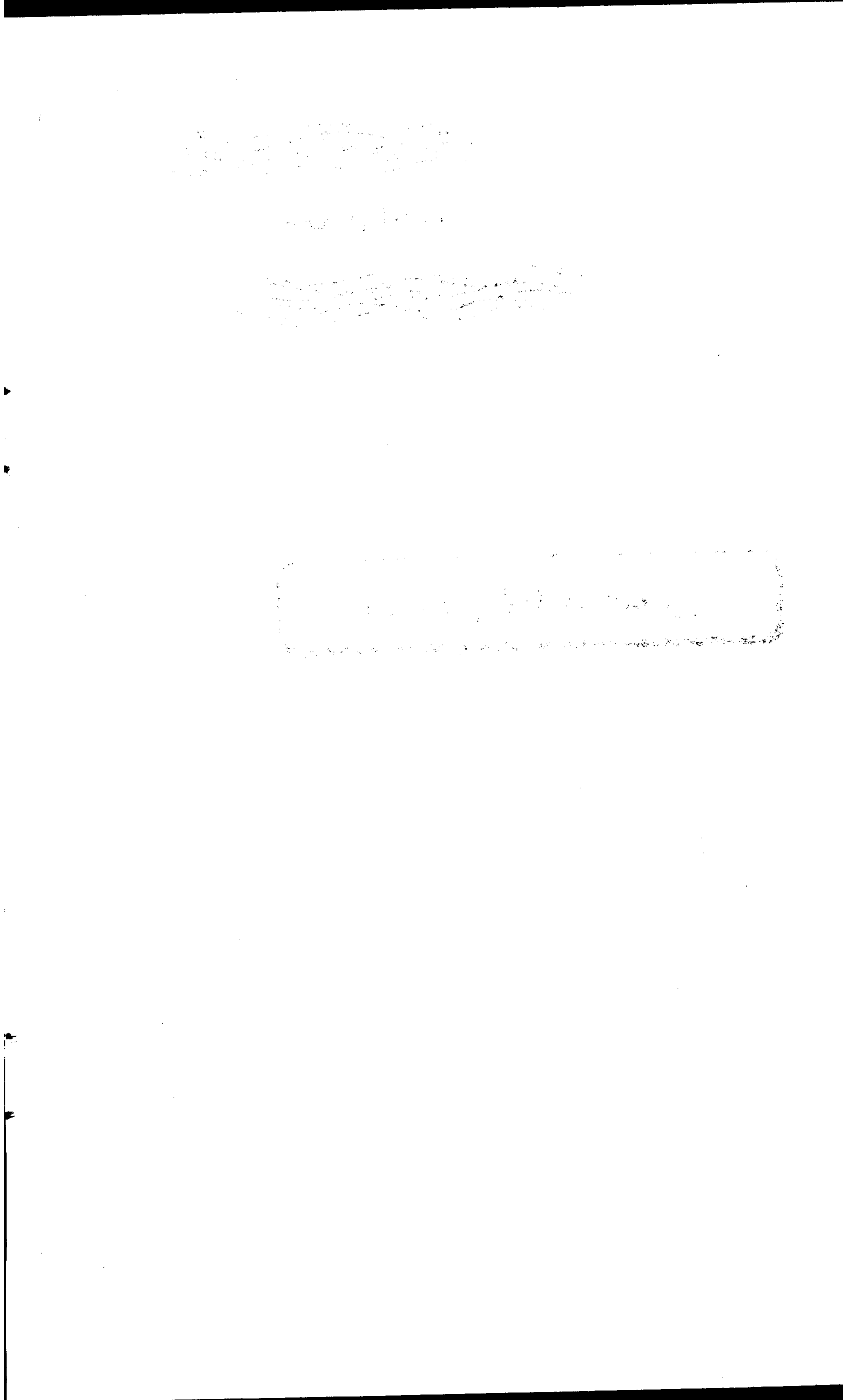
وتؤدى كذلك الطحالب الحمراء المعروفة باسم Trchodesmimum Erythraeum على إضفاء اللون الأحمر لمياه خليج كاليفورنيا والبحر الأحمر.

* * *



الفصل الثالث

الحرارة والجليد البحرى



١ ـ الحرارة

تعد دراسة درجات الحرارة بمياه البحار والمحيطات من الموضوعات الهامة بالنسبة للميتورولوجيا البحرية التى تعالج العناصر المناخية بهذا الجزء الضخم من سطح الأرض. ويعد مورى M.F.Mourry اول من أسس علم المتيورولوجيا البحرية Marine Meterology وتعد درجة حرارة مياه المحيطات وتسجيلاتها المختلفة من المهام الرئيسية للأوقيانوغرافيين، حيث تساعد فى تحديد حركات الكتل المائية الضخمة بالمحيطات وتحديد خصائصها وأنواعها وكذلك تظهر أهميتها فى توزيع الأحياء البحرية بالأعماق المختلفة. إلى جانب ذلك فإن لحرارة مياه البحار والمحيطات تأثيراتها المباشرة وغير المباشرة على الظروف المناخية باليابس المجاور.

وتقاس درجة حرارة المياه السطحية بترمومتر خاص يثبت بالسفينة بطريقة معينة. أما بالنسبة لقياس درجة حرارة مياه الأعماق فتستخدم أنواع من الترمومترات الخاصة التى لها القدرة على تحمل ضغط المياه بالأعماق، وأن يسجل درجة الحرارة مرة واحدة حيث يتم جذبه إلى أعلى بحيث ينكسر عندما ينقلب محتفظاً بدرجة الحرارة التى سجلها. إلى جانب ذلك فهناك أبحاث عديدة تهدف إلى الوصول إلى أجهزة تسجل الحرارة بالقاع تسجيلاً أوتوماتيكياً automatic self-recording instruments. وبالفعل بدأ حديثاً استخدام مسجل حرارى خاص لتسجيل درجة الحرارة باستمرار عند العمق المطلوب يطلق عليه مسجل حرارة الأعماق Bathy thermo graph.

أ ـ مصادر الحرارة بمياه البحار:

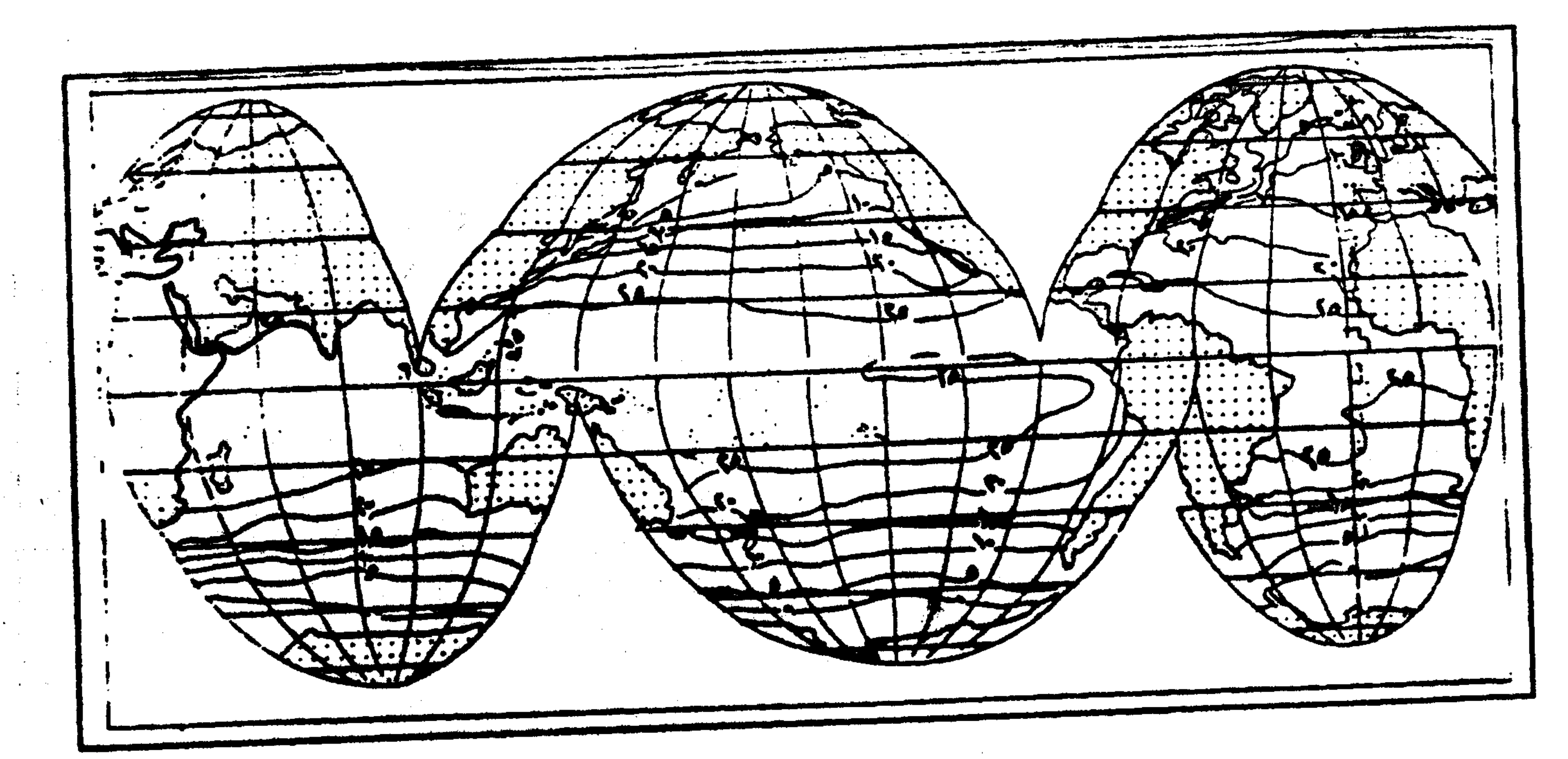
تعد الشمس المصدر الأصلى للحرارة بصفة عامة. حيث تسخن المياه السطحية عن طريق ملامستها للهواء الساخن وكذلك عن طريق تغلغل أشعة الشمس فيها من جهة أخرى وما يحدث عبارة عن امتصاص للأشعة الحرارية القادمة قرب السطح، بينما الأشعة الضوئية (وهى تحتوى كذلك على جزء من الحرارة) تتغلغل فى المياه نحو الأعماق. وأما المصدر الثانوى الآخر لحرارة مياه

البحار والمحيطات فيتمثل فى الحرارة الداخلية inner heat إلى جانب زيادة الطاقة بفعل عامـل الضغط والواقع أن المصدرين الأخيـرين لا يمثلان شيئاً يذكـر بالمقارنة بالمصدر الأصلى وهو الشمس،كما أن ما ينبعث من حـرارة باطنية فى قيعان البحار أمر غير مؤكد بدليل تناقص الحرارة بالأعمـاق والتى أثبتتها التجارب والعينات التى أخذت من أعماق سحيقة.

ب ـ توزيع الحرارة بمياه المحيطات:

يتوقف توزيع الحرارة بمياه البحـار والمحيطات على عدة عوامل ولكن أبرزها جميعاً خط العرض latitude (الموقع الفلكى) حيث توجد علاقة واضحة بين درجة حرارة المياه السطحـية وبين خطوط العرض حيث تتجمـد المياه عند القطبين، بينما ترتفع إلى ٢٧ درجة مئوية عند خط الإستـواء ولكن هذه العلاقة فى الواقع لاتسير باضطراد بسبب بعض الظروف الخاصة بمياه المحـيطات والتى تتمثل فى أثر التيارات المحيطية والتى تؤدى إلى نقل المياه الدافـئة من المناطق المدارية نحو العروض الباردة ونقل المياه الباردة باتجاه المداريات، وتتمثل كـذلك فى عملية التقليب الرأسى للماء ولذلك نجـد أن هناك تبـاينات حرارية واسـعـة فى نطاق المداريات مـا بين المناطق الغربية والمناطق الشـرقية من المحيطات حيث نجد أغلب التـيارات الباردة توجد فى الأقاليم التى تسودها عملية الانبثاق السطحى للماء Up Welling مثل تيارات بيرو وكاليفورنيا وكناريا الباردة.

وبصفة عامـة نجد أن خطوط الحرارة المتساوية بمياه المحيـطات تمتد تقريبا فى موازاة خطوط العرض*(شكل رقم ٨، ٩). حيث تتناقص المعـدلات الحرارية للمياه بالاتجاه نحو القطبين كما يتضح ذلك من الجدول التالى رقم (٦).



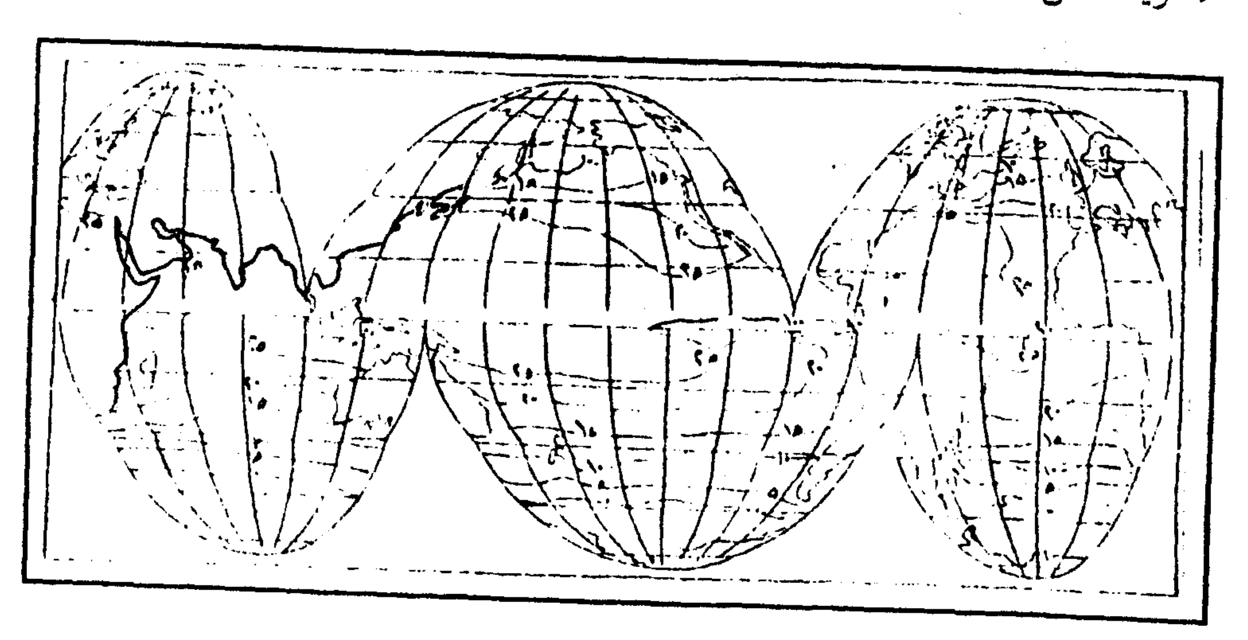
درجات الحرارة السطحية لمياه المحيطات فى شهر فبراير شكل (٩)

عروض المنطقة	١٠-	٢٠ـ١٠	٣٠ـ٢٠	٤٠ـ٣٠	٥٠ـ٤٠	٦٠ـ٥٠	٧٠ـ٦٠
معدلات الحرارة	٢٦,٨	٢٥,٦	٢٣,٩	٢٠,٣	١٢,٩٠	٨,٩	٤,٢٥

جدول رقم (٦) تناقص الحرارة بالاتجاه نحو القطبين

ومن هذا الجدول يتضح أن أعلى معدلات حرارية توجد ما بين درجتى صفر و ١٠ شمالا وجنوبا (٢٦,٨) وادناها مـا بين ٦٠ ـ ٧٠ درجة (٤,٢) وتتراوح فى العروض المدارية بصـفة عامـة ما بين ٢٠ ـ ٢٧درجـة أقل من درجة التجـمد فى العروض القطبية.

ويقدر بأن أكثر من نصف المياه السطحـية بالمحيطات يصل معدل حرارته الى ٢٠ درجة م وأن المحيط الأطلنطى أبرد المحيطات بصفة عامة، بينما المحيط الهادى أدفأها كما سيـتضح فيما يلى من صفحات. وقـد سجلت أدنى درجة حرارة قرب ساحل نيوسكتلند وكانت ٣,٢ درجة مئوية تحت الصفر، بينما سجلت أعلى درجة حرارة (٣٢,٢ درجـة مئوية) فى عرض المحـيط بالجزء الغربى من المحـيط الهادى (شريف ص١٢٨)



(شكل ١٠)

درجة الحرارة السطحية بمياه المحيطات فى شهر أغسطس

وتصل درجة الحرارة أقصاها بالبحار الداخلية فتصل فى كل من الخليج العربى والبحر الأحمر ٣٥,٦ درجة مئوية ٣٤,٤ درجة مئوية على الترتيب. ويجب الأخذ فى الاعتبار أثر ظروف الطقس المحلية علي التأثير على حرارة مياه البحار مثل العواصف والأعاصير والهريكين وغيرها والتى تؤثر بوضوح على الأقاليم التى تحدث بها أو تمر عليها.

* حرارة مياه المحيط الهادى:

يعد أدفأ المحيطات الثلاثة ويرجع ذلك إلى اتساع مساحته خاصة فى العروض المدارية مما جعله يستحوذ على أوسع مساحة ممتدة فى العروض الحارة والدفيئة إلى جانب انفصاله عن المحيط القطبى الشمالى بمجموعة جزر الوشيان واتصاله به خلال مضيق بحر برنج الضيق على العكس من الأطلنطى الذى يتصل شمالا بجبهات واسعة بالمياه القطبية الشمالية مما جعل تأثيرها على برودة مياهه أكثر وضوحا بالمقارنة بالهادى الشمالى. بينما نجده يضيق العروض المدارية وتصل درجة حرارة العروض ما بين صفر إلى ١٠ درجة شمالا بالمحيط الهادى ٢٠ و٣٠ درجة مئوية وفى نفس العروض فى النصف الجنوبى ٢٦ درجة مئوية وتقل بالتدريج نحو العروض الباردة شمالا وجنوبا لتصل إلى ٢٥,٧٤ ما بين ٥٠ - ٦٠درجة شمالا و - ١,٣٠ درجة مئوية ما بين درجتى عرض٦٠ - ٧٠ درجة جنوباً. ويلاحظ أن الجانب الشرقى منه يسجل معدلات حرارتة أعلى من نظيره فى الجانب الغربى حسب التأثر بنظم الرياح السائدة. حيث تنخفض درجة حرارة المياه السطحية عند السواحل الغربية بجميع القارات فى العروض التى تهب عندها الرياح التجارية وهى رياح جافة باردة تسبب الضباب بسبب قدومها من مناطق أبرد إلى مناطق أدفأ. والعكس نجده على الجوانب الشرقية لنفس العروض.

* حرارة المحيط الأطلنطى:

ترتفع حرارة المياه فى العروض المدارية خاصة إلى الشمال والجنوب من خط الاستواء مباشرة، فهى تصل إلى ٢٦,٦٦ درجة مئوية ما بين درجتى صفر - ١٠ شمالا وجنوبا وتصل ٢٥,٨ درجة مئوية فى العروض دون المدارية. وتقل نحو العروض العليا بشكل تدريجى حتى خط عرض ٤٠ درجة تقريبا فى نصفيه

الشمالى والجنوبى ثم تهبط بشكل أسرع نحو القطبين لتصل إلى ٥.٦ـما بين درجتى عرض ٦ - ٧ شمالاً و - ١,٣ درجة مئوية فيما بين درجتى العرض السابقتين جنوبا (*).

وكما هو الحال فى المحيط الهندى فإن نظم الرياح والتيارات المائية وحركات الانبثاق السطحى تلعب أدوارها فى التباينات الحرارية ما بين المياه فى الأجزاء الشرقية منه والأجزاء الغربية.

*** حرارة مياه المحيط الهندى :**

تنخفض حرارته نسبيا وذلك فى الجانب الشمالى الغربى بسبب تأثير الرياح الموسمية التى تزيح المياه السطحية لتحل محلها مياه أبرد من أسفل.

وترتفع معدلات الحرارة ما بين صفر - ١٠ درجة جنوباً وشمالا إلى أكثر من ٢٧,٧٥ درجة مئوية، بينما تنخفض إلى - ١,٥ درجة ما بين ٦٠ - ٧٠ جنوباً.

ويمكن الرجوع إلى الجدول التالى للمقارنة الحرارية بين المحيطات الثلاث سابقة الذكر.

العروض الشمالية	الأطلنطى	الهندى	الهادى	العروض الجنوبية	الأطلنطى	الهندى	الهادى
٦٠ - ٧٠	٥,٦٠ م	-	-	٠٦ - ٧٠	١,٣-	١,٥-	١,٣-
٥٠ - ٦٠	٨,٦٠	-	٥,٧٤	٥٠٠ - ٦٠	١,٧٥	١,٦	٥
٤٠ - ٥٠	١٣,١٥	-	٩,٩٩	٤٠ - ٥٠	٨,٧	٨,٧	١١,١٦
٣٠ - ٤٠	٢٠,٤٠	-	١٨,٦٢	٣٠ - ٤٠	١٦,٩	١٧	١٦,٩٨
٢٠ - ٣٠	٢٤,١٦	٢٦,١٤	٢٣,٣٨	٢٠ - ٣٠	٢١,٢٠	٢٢,٥٠	٢١,٥٠
١٠ - ٢٠	٢٥,٨٠	٢٧,٢٠	٦,٤٢٢	١٠ - ٢٠	٢٣,١٦	٢٥,٨٥	٢٥,١١
صفر - ١٠	٢٦,٦٦	٢٧,٨٨	,٢٠٢٧	صفر - ١٠	٢٥,١٨	٢٧,٤	٢٦

جدول (٧) مقارنة حرارية بين المحيطات

عن سيفردروب (Sverdrup,H.U,P.75)

* تتراوح حرارة المياه السطحية للمحيط الاطلنطى بين صفر (٣٢ فهرنهيتية) عند القطب الشمالى والقطب الجنوبى و٢٧ درجة فى نطاق عريض نحو خط الإستواء.

أما بالنسبة للبحار فيعد البحر الأحمر من أدفأ البحار حيث تتراوح درجة حرارته ما بين ٢٠ إلى ٢٦ درجة مئوية ما بين الشتاء والصيف وذلك فى جزئه الشمالى، بينما تتراوح ما بين ٢٥ إلى ٣٠ درجة فى نفس الفصلين فى جزئه الجنوبى، وفى الخليج العربى فإن أعلى مياهه حرارة تلك التى توجد بجزئه الأوسط وتقل بالاتجاه شمالاً وجنوباً بشكل تدريجى، وتتراوح درجة الصيف ما بين ٣٢,٢٥ درجة مئوية و٣٣,٣ درجة وتقل فى الشتاء إلى نحو ٢٤ درجة مئوية (موسى، ص٦٩).

جـ ـ التغيرات اليومية والفصلية فى حرارة مياه المحيطات:

تتميز المياه عامة بقلة التغيرات الحرارية، تتشابه فى ذلك جميع بحار العالم. ويبلغ التغير اليومى فى درجات حرارة الماء بالمحيطات ما بين ١,٨ درجة مئوية فى المناطق البعيدة عن السواحل ونحو ٢,٤ درجة مئوية فى المناطق الساحلية والقريبة منها.

ولقد بلغ متوسط المدى اليومى للحرارة خلال ١٢٦ يوما من الملاحظات التى قامت بها سفينة الأبحاث البحرية تشالنجر ٤٤, درجة مئوية فقط أو نحو ربع المدى الحرارى للهواء الملامس (شريف،ص١٣٢).

وبالنسبة للتغيرات السنوية فى حرارة مياه البحار فإن المدى الحرارى السنوى يبلغ أدنى حد له في مياه البحار المدارية والبحار القطبية حيث يصل إلى عشر درجات، بينما يزيد فى مياه المناطق المعتدلة لتصل إلى ٢٨ درجة مئوية. وغالبا ما يكون أقل من ذلك (طريح شرف، ص ١٥٢).

ويتضح من التوزيع التفصيلى للمدى الحرارى السنوي أنه لا يتجاوز ٥,٦ درجة مئوية فى العروض العليا فى نصفى الكرة الشمالى والجنوبى وتصل إلى أكثر من ١٦,٧ درجة مئوية شمالى غرب الأطلنطى بين درجتى عرض ٣٠ ـ ٥٠ شمالاً وفى المنطقة ما بين درجتى عرض ٢٢ ـ ٥٦ درجة شمالاً أمام الساحل الشرقى لآسيا بالمحيط الهادى. وأعلى مدى حرارى سجل كان فى بحراليابان أمام السواحل الآسيوية قرب خط عرض ٤٠ درجة شمالاً وبلغ ٢٩,٣ درجة مئوية وهو الفارق ما بين ـ ١,٨ درجة مئوية سجلت شتاء و٢٧,٥ درجة مئوية سجلت صيفاً.

وأعلى مدى حرارى تم تسجيله على مستوى العالم كان ٣٨,٩ درجة مئويه وهو الفارق بين أقل درجة حرارة سجلت وكانت -٣,٣ درجة مئوية أمام نيوسكوتلاند شمالى شرقى أمريكا الشمالية ٣٥,٦ درجة مئوية بالبحر الأحمر. وقد لوحظ بصفة عامة أن المدى الحرارى السنوى يرتفع فى البحار الصغيرة المساحة وقرب السواحل كما أنه أعلى فى بحار نصف الكرة الشمالى بالمقارنة بنصف الكرة الجنوبى بسبب اتساع اليابس فى النصف الشمالى، كما أنه أقل فى المحيط الهادى عنه فى المحيط الأطلنطى بسبب التباين المساحى بينهما.

د ـ التغير الرأسى فى درجات حرارة مياه البحار:

تتناقص درجةالحرارة مع تزايد الأعماق وذلك إذا ما أخذنا فى الاعتبار أن الشمس هى مصدر الطاقة الحرارية الأصلى : وقد تمت محاولات عديدة لتقدير درجة حرارة المياه عند الأعماق التى تتراوح بين ١٠٠ و ٣٠٠ و ٤٠٠٠ متر. وبالدراسة التحليلية للتوزيع الرأسى لدرجة حرارة مياه البحر وجد أن الحرارة تتشابه حتى عمق مائة متر، أما ما دون ذلك من أعماق فإنها تتجه للتناقص. وقد وجد أن نحو ٩٠٪ من الحرارة التى تتغلغل penetrates فى البحر تمتص absorbed فى السطح عند عمق ٢٠م (٦٠قدم) وأن الأشعة الشمسية ليس لها أثر مباشر تحت عمق ٢٠٠ م وأنه رغم حركة المياه فإن جزءا ضخما من كتلة ماء البحر بارد نسبيا. ويقدر بأن ٨٠٪ من مياه البحار ذات درجة حرارة أقل من ٤,٤٥ درجة مئوية.

ويمكن إيجاز أهم خصائص التوزيع الرأسى للحرارة فيما يلى:

- بالرغم من التناقص العام لدرجة الحرارة تجاه الأعماق فإن معدل التناقص ليس متساوياً عند كل الأعماق. فالهبوط الحرارى يكون سريعاً من السطح حتى عمق ٢٠٠٠ متر بينما يتباطأ بشدة أسفل هذا العمق.

- فى المداريات Tropics نادراً ما تتجاوز درجة الحرارة ٤,٤ درجة مئوية وذلك عند عمق ١٤٤٠. ويصل فى نفس العروض إلى ما بين ١,٤ والصفر المئوى عند عمق ٤٠٠٠ متر باتجاه القاع ويرجع ذلك إلى زحف الماء الجليدى ice water creepng نحو الأعماق من الأقاليم القطبية إلى الاستوائية ويوضح الجدول التالى درجات الحرارة عند الأعماق المختلفة وفقاً لقياسات جنكنز J.T.,Jenkins

والذى يتضح منه ان معدلات التناقص الرأسى للحرارة بالمياه تختلف من منطقة إلى أخرى وفقاً لدرجة العرض.

خط العرض	٠ ـ ١٠	١٠ ـ ٢٠	٢٠ ـ ٣٠	٣٠ ـ ٤٠	٤٠ ـ ٥٠	٥٠ ـ ٦٠	٦٠ ـ ٧٠
العمق بالمتر	صفر	١٠٠	٢٠٠	٤٠٠	٨٠٠	١٠٠٠	--
درجة الحرارة المئوية	٢٦,٨٦	١٨,٥٧	٧,٧١	٧,٧٠	٥,١٣	٤,٨١	--

جدول (٨) العلاقة بين العمق ودرجة العرض ودرجة الحرارة بالبحار

فنجد أنه بينما تتناقص درجة الحرارة تناقصاً أفقيا بالاتجاه نحو القطبين فإننا نجد أن حرارة القاع غالباً لا يحدث بها أى تغير. بينما نجد التغير الرأسى واضح عند خط الاستواء إذا ما قورن بالتغير عند المناطق القطبية.

تصل الحرارة السطحية فى العروض ما بين ١٠ ـ ٢٠ درجة شمالاً وجنوبا ٢٥,٦ درجة مئوية فإنها تنخفض لنفس العروض إلى ١٨,٥٧ درجة مئوية عند عمق مائةمتر وتظل تتناقص بمعدلات مختلفة حتى الأعماق السحيقة حيث يكون التناقص واضحاً فى الأعماق ما بين (٢٠٠ ـ ٤٠٠ متر) ثم يبطئ بعد ذلك الأعماق التى تزيد على ٥٠٠ قامة (١٠٠٠ متر) بحيث لا يتعدى الفارق الحرارى بين مياه هذا العمق والعمق السابق ثلاث درجات مئوية.

ـ يظهر تأثير (الحافات والمرتفعات البارزة على بعض قيعان المحيطات على جانبى حافة ويقل طومسون حيث يبلغ درجة الحرارة على جانبها الشمالى (بحر النرويج) ٢ درجة مئوية، بينما تبلغ على جانبها الجنوبى عند نفس العمق ٧ درجات مئوية.

وعلى جانبى بوغاز جبل طارق نجد درجة حرارة الجانب المتوسطى العميق نحو ١٣ درجة مئوية، بينما على الجانبى الأطلنطى نجدها عند نفس العمق ٢ درجة مئوية ومياه قاع البحر الأحمر عند الجانبى الشمالى لمضيق باب المندب نحو ٢١ درجة مئوية وهى تقابل مياه حرارتها نحو درجتين مئوتين على الجانب الآخر من المضيق من مياه المحيط الهندى وذلك عند أعماق متساوية تصل إلى نحو ٢٠٠ متر (أو ١٠٠٠ قامة) كما يتضح ذلك من الشكل رقم (١٠).

وبالنسبة للبحار الداخلية أو التى تتصل بالمحيطات عبر ممرات ضيقة ترتفع على طول امتدادها عتبات صخرية تجعلها شبه مغلقة نجد أن حرارة ماءها تتأثر بحرارة اليابس المحيط بها وتكاد تتجانس درجة حرارتها على السطح حتى القاع مثل البحرين الأحمر والمتوسط والخليج العربى وغيرها.

٢ ـ الجليد فى مياه البحار:

إن دراسة حرارة البحار والمحيطات لا تكتمل إلا بدراسة جليد البحر Sea ice وأثره على مياه المناطق الاستوائية والمعتدلة. ففى المناطق القطبية تؤدى الحرارة المنخفضة طوال العام إلى تكوين الجليد بحيث يبدو كملمح دائم على سطح البحر.

ويتزايد الجليد بسبب ثلاثة مصادر هى الأنهار والتساقط والتجمد Freezing. ففى المحيط القطبى الشمالى تلعب الأنهار الجليدية Glaciers دورا هاما على الرفارف القارية الشمالية لكل من سيبيريا وكندا، بينما لا يوجد لهذه الأنهار الجليدية دور يذكر فى أنتاركتيكا. أما المصدر الثانى فيتمثل فى التساقط الثلجى Snow على سطح اليابس فى العروض القطبية.

ويؤدى تساقط الثلوج وتراكمها إلى تكوين حقول الجليد Ice-Field. وعندما يضطرب هذا الحقل الجليدى بسبب الرياح وارتفاع درجة الحرارة ارتفاعا نسبيا يتحول إلى كتل منفصلة من الجليد.

ويتكون الجليد الغطائى Pack Ice من تدفق هذه الكتل، أما الجليد البحرى فيتمثل فى تجمد المياه وحيث إن نسبة ملوحة البحار ٣٥ فى الألف فإن نقطة التجمد تكون ثلاثة ونصف درجة مئوية بينما نقطة تجمد المياه العذبة (صفر مئوى).

وتؤدى عملية تكون الجليد إلى انفصال بلورات المياه العذبة عن المياه المالحة بشكل مستمر إلا فى حالة التجمد المفاجئ حيث يحدث احتجاز للبلورات الملحية داخل الكتل المائية المتجمدة دون أن تنفصل عنها. وعلى هذا الأساس فإن الجليد البحرى الذى تكون ببطء يعد أقل ملوحة من الجليد البحرى الذى تجمد بشكل مفاجئ وسريع. وأيضا فإن الجليد المكون من ماء البحر يكون أثقل وزنا من الجليد الناشئ عن تجمد المياه العذبة.

وجدير بالذكر أنه كلما زاد اجليد كلما قلت درجة ملوحتـه بالمقارنة بالجليد المكون فى فترة أحدث

وقد قـدر أنه لو انخفـضت الحرارة إلى خمس درجـات تحت نقطة التجـمد (وذلك خلال مدة تصل إلى ١٠٠ يوم) يتكون جليد بحرى بسـمك ٧٥ سنتيمتر، أما إذا انخفضت الحرارة إلى ٢٠ درجة تحت نقطة التـجمد فإن سمك الجليد يصل إلى ١٤٢ سم خلال مائة يوم.

توزيع الجليد البحرى:

يعد المحيط القطبى المصدر الرئيـسى للجليد الغطائى بنصف الكرة الأرضية - الشمالى . ويـتراوح سمك هذا الجليد مـا بين أقل من المتر وأكثر من أربعـة أمتار ونصف ويمتد علي طول سـاحل جرينلند حتى درجة عرض ٦٠ شـمالاً. وأقصى امتداد له يحدث فى مايو وأدناه فى أغسطس.

وفى شـهر مـايو نجد أن مـعظم الرصيف القـارى الشمـالى لأوروبا وآسيـا وأمريكا الشمالية يغطى بالجليد الغطائى وذلك باستثناء سواحل النرويج. كما يظهر الجليد الغطائى بشكل دائم فى المحيط القطبى الشمـالى من جزيرة سبتزبرجن حتى جرينلنـد. وانتشار الجليـد هنا يرجع إلى الأمواج وتيـارات الجرف البـحرية والتى تحمل إلى البحار الأدفأ.

وفى نصف الكرة الجنوبى يوجد غطاء جليدى يحيـط باليابس ويعوق حركة السفن الملاحية وهذا الجليد من النوع القارى Land - Ice وليس جليد بحرى Sea - ice بينما يحاط المحـيط الشمالى باليابس نجد جليده من النوع البـحرى الذى يظهر تغيرات فـصلية، بينما فى أنتاركـتيكا يمتد الجليد على كل الجـوانب نحو المحيطات المختلفة بسبب عدم وجود حواجز يابسة.

الجبال الجليدية :Iceberges

عبـارة عن كتل جليـدية ضخمـة تنساب من مـصادرها وتطفـو فوق سطح البحر؛ وذلك بسبب كثافة الجليد الأقل من كثافة ماء البحر(*).

وتتراوح النسبة بين الجزء البارز من الجـبل الجليدى إلى الجزء الغاطس منه ما بين ١ : ٤,٧ و ١ : ٨,٢، قد أعطى كرومل Krummel الرقم ١ : ٨ و١ : ٤ كأقصى نسبة ومتوسط يتراوح ما بين ١ : ٥ و١ : ٦ (Sharma, R.C.and Va tal.M,P16)

(*) تبلغ كثافة الجليد ٠,٩ بينما كثافة ماء البحر ١,٠٢٥

وتتراوح أحجام الكتل أو الجبال الجليدية مـن أمتار قليلة إلى عدة كيلو مترات طولا وعرضا. ويتـراوح ارتفاعها فوق سطح البـحر ما بين أمتـار قليلة وأكثر من ربعـمائة مـتـر. وحجم الجـبال الجليـدية فى النصف الجنـوبى أكبـر من النصف الشمالى. وتقوم التيـارات البحرية بتحريك الجبال الجليدية من أقـاليمها بالعروض العليا إلى العروض الأدنى ويتسبب عنها مخاطر بالنسبة للملاحة. وعادة ما تتحكم الرياح ودوران الأرض فى اتجـاهات تحركـاتهـا كمـا أوضح ذلك نانس Nansen وذلك من ملاحظات فى المياه القطبية. وترتبط سرعـتها بسرعة الرياح التى تتسبب فى تحركها فإذا مـا كانت سرعة الرياح ٣٠ عقدة تكون سرعتـها ٤ ميل بحرى فى اليوم. وأحيـاناً ما تتحرك الجـبال الجليدية عكس الرياح السائدة وذلـك بسبب قوة تحرك الكتل المائية تحت السطحية. وقد لاحظ رنك Rink أن تكون الجبال الجليدية بالساحل الغربي لجزيرة جرينلند من الظاهرات المنتشرة بالساحل وكان أصلها عبارة عن غطاءات جليـدية تكونت على اليابس وتحـركت نحو البـحر في شكـل أنهار جليدية ويطلق على تكسر الأنهار الجليدية glaciers وتحولها إلى جبل جليدى باسم (calving). هذه العمليـة تكون نشطة صيفاً وشـتاء، ولكنها فى الصيف تجـد لها منافذ لتطفو نحو البحر خلال مصـبات الفيوردات. ويتراوح العدد السنوى للجبال الجليدية القادمة من جرينلنـد نحو المحيط عبر خليج بفن Baffin bay مـا بين ٥ - ١٥ ألف جبل جليدى.

وخلال رحلتها نـحو الجنوب فإن أغلبها يتقطع والقليل منهـا ما يتمكن من الوصول إلى الجنوب من نيوفـوندلاند. وأحياناً ما تظهر قرب جـزيرة سيبل Sable جنوب نوفاسكوتشيا.

وتخـتلف حدود امـتداد الجـبـال الجليدية فى الجـزء الشـمالى الغـربى من الأطلنطى من عام إلى آخر ومن شهر إلى شهر.

وإلى الشرق من جرينلند تـتحرك الجبال الجليدية (الـتى نادرا ما تتكون نحو الشـرق) ثم يستـمر تحـركها عـبر مـضيق الدنمـرك بين جزيرتى أيسلند وجـرينلند وتنحرف غرباً إلى الجنوب من رأس فيرويلFarewell وتدخل خليج ديفز ويسوقها بعد ذلك تيار لبرادور.

وتختفى الجبال الجليدية من أمام ساحل النرويج بسبب مياه الخليج الدافئة.

ويرجع عدم انتشار الجبال الجليـدية شمالي المحيط الهادى إلى ضيق ممر برنج Bering Strait إلى جانب ضحولة مياهه التى لا تسمح بعبور الجبال الجليدية إلى جانب أن الظروف المناخية هنا لا تساعد على تكونها.

وتتميز الجبال الجليدية فى نصف الكرة الجنوبى بأنها أكبر حجما من نظائرها فى النصف الشمالى. إلى جـانب إستمرارها لفترة زمنية أطول بحـيث تبقى الجبال الجليدية الشمـالية فترة تصل إلى عـامين، بينما تظل الجنوبية والتى تبدو كـهضاب ضخـمة يصل قطر الواحدة منهـا إلى ستين كيلو مـترا - إلى نحو عـشر سنوات - ويرجع ذلك الفرق الكبير إلى ضـخامة الأخيرة وانخفاض الحـرارة فى المياه القريبة منها.

وترى روشيل Russel أن الجبال الجليدية في النصف الجنوبى قد انفصلت من الغطاءات الجليدية بالقارة القطبـية بسبب النشاطات البركانيـة والتى تؤدى طفوحها اللافية وما يرتبط بهـا من اهتزازات إلى انفصال الكتل الجليدية الساحليـة وتدفقها نحو المحيط وهي عادة خالية من الركامات الجليدية Glacial - Moraines.

ويبلغ متـوسط ارتفاع الجبل الجليدى فى النصف الجنوبى من الـكرة الأرضية ٢٦٠ مترا فـوق سطح البحر وأحيانا مـا يكون أضخم لدرجة يطلق عليهـا أحيانا الجزر الجليدية Iceislands وتتحـرك هذه الجبـال الجليدية بواسطة تيـارات فوكلند وبنجويلا وجنـوب أستراليـا وذلك حتى خط عرض ٤٠ درجـة جنوبا بالأطلنطى و٥٠درجة جنوباً بالمحيط الهـادى وبصفة عامة يعتبـر خط عرض ٥٠ درجة جنوبا الحد الشمـالى لجليد أنتاركتـيكا العائم. وتختفـى الجبال الجليدية جنوب أسـتراليا وشرق نيوزيلند وبين جزر فوكلاند.

وتعد الجبال الجـليدية فى تحركها من مكامن الأخطار أمام الملاحـة البحرية، فالتاريـخ يذكرنا بالعديد من حوادث اصطدام السـفن بالجبال الجليديـة وخاصة فى الجزء الشمـالى من المحيط الأطلنطى وأشهـرها حادثة اصطدام الباخرة تيـتانك فى سنة ١٩١٢ بجبل جليـدى قرب جزيرة نيوفـوندلاند مما أدى إلى تحطمها وغـرقها تماما بركابها البالغ عددهم ١٥٠٠ راكب.

وقد أدت الحوادث البحرية الناجمة عن تحرك الجبال الجليدية إلى الاهتمام بدراستها كظاهرة أوقيانوغرافية، مع تتبع اتجاهات تحركها وانتشارها وقد أنشئت محطات ساحلية وبحرية للإنذار بقدومها وتحديد مسارات السفن الملاحية على ضوء انتشار هذه الجبال وخطوط تحركها.

وقد نجح الباحثون فى الوقت الحاضر فى تحديد مناطق الجليد البحرى ومعرفة أبعاد تحركها خلال أشهر السنة المختلفة. ورغم تقدم الدراسات الخاصة بالجليد إلا أنه زال يمثل مصدراً رئيسياً من مصادر القلق والمخاطر بالنسبة للملاحة البحرية خاصة شمال المحيط الأطلنطى وفى العروض العليا الجنوبية بالمحيطات الرئيسية حيث نطاقات تحرك الجليد القطبى الجنوبى.

* * *



الفصل الرابع

الأمواج

١ ـ تعريف الأمواج والجهود التي بذلت في دراستها:

الأمواج ببساطة عبارة عن تموجات سطحية Undulations تنتج بسبب هبوب الرياح فوق المسطحات المائية، وهذه التموجات الاهتزازية تنتشر على سطح البحر في اتجاه هبوب الرياح التي تسببها.

وتوجد أنواع أخرى من الأمواج لا علاقة لها بالرياح، وإنما تتولد بفعل الزلازل والانزلاقات الأرضية التي تتعرض لها قيعان الأحواض المحيطية، وتعرف هذه الأمواج بأمواج التسونامى أو أمواج المد رغم أنها لا علاقة لها بحركة المد والجزر كما سوف يتضح ذلك آخر هذا الجزء. كذلك توجد أمواج تنتج عن جاذبية القمر والشمس ولكنها غير محسوسة بسبب رقتها.

ونظرا لطبيعة الأمواج من حيث شدة اختلاطها وتباين أحجامها وصعوبة قياسها وخاصة فى منطقة التكسر أو أثناء هبوب رياح عنيفة، فإن العديد من الجوانب الخاصة بها غير معروف يقينا حتى الآن رغم ما بذل من دراسات وتجارب حقلية ومعملية خاصة بها مدعومة بالأجهزة والوسائل المتقدمة.

وقد ظهرت أول نظرية عملية لتفسير ظاهرة الحركة الاهتزازية للأشياء الطافية دون انتقالها انتقالا أفقيا لمسافات كبيرة، سنة ١٨٠٢ على يد الألمانى فرانز جيرزنر وأوضح خلالها بأن جزيئات الماء داخل شكل الموجة تتحرك فى مدارات دائرية Cir-cular orbits، وأن الماء يتحرك عند القمة حركة أفقية فى اتجاه تقدم الموجة، بينما يتحرك عند القاع (قاع الموجة) باتجاه البحر وهو فى تحركه يقتفى أثر المدار الدائرى والذى يساوى قطره ارتفاع الموجة نفسها. وحيث تمر كل موجة فإن الماء عادة ما يعود فى أغلب الأحوال إلى موقعه الأصلى.

وقد كان كل من الألمانيين إيرنست وجيرزنر من الرواد الأول فى عمل تجارب خاصة بالأمواج، حيث نشرا كتابا فى سنة ١٨١٥ خاصا بالدراسات المرتبطة بصهريج الأمواج Wave tank الذى ابتكراه وكان طوله خمسة أقدام وجوانبه زجاجية شفافة يوجد على إحداهما أنبوب مثبت بطريقة يمكن من خلالها توليد

أمواج اصطناعية بالصهريج، وقد استعملا فى تجاربها الماء والزئبق. ومن نتائج هذه التجارب أن الموجة المرتدة لا تفقد أى جزء من طاقتها، كما أكدت على الحركة المدارية لجزيئات الماء مع انكماش المدارات واتجاهها نحو التسطح مع زيادة العمق.

ومن الدارسين للأمواج كذلك جورج إيرى G.Airy وستوكس وغيرهما وذلك فى أواخر القرن التاسع عشر (Bascom .W,1959,p 43).

وفى القرن العشرين بدأت تتعدد الدراسات والتجارب لتضيف تقدما كبيرا فى مجال الإلمام بخصائص الأمواج، وقد تبلورت هذه الأعمال خلال فترة الحرب العالمية الثانية وذلك مع تطور العمليات البرمائية amphibious operations.

وقد قام معهد سكريبس Scripps . inst للأوقيانوغرافيا بالولايات المتحدة الأمريكية بمجهودات ضخمة لدراسة التفاعل ما بين الرياح والأمواج وذلك لخدمة الأغراض الحربية فى المقام الأول، وكان علماء هذا المعهد ومنهم فالترمونك Wal-ter Munk وهارولد سيردروب Syerdrup . H من أوائل من أوضحوا بطريقة كمية متكاملة كيفية انتقال الطاقة من الرياح إلى الأمواج.

وعموما، فقد بدأت دراسة الأمواج تدخل مرحلة جديدة خاصة بعد تطور الأجهزة العلمية الخاصة بقياس أبعاد الأمواج وسرعة انتشارها وترددها مثل مسجل الأمواج. Wave recorder والرادار. وأصبح الحاسب الآلى من الوسائل المستخدمة على نطاق واسع فى تطور وتسهيل عمليات تحليل البيانات الوفيرة التى يمكن الحصول عليها من القياسات فى الطبيعة.

٢ ـ العلاقة بين الرياح والأمواج:

يبدأ ظهور الأمواج عندما يؤدى الجر الناتج عن احتكاك الرياح بسطح الماء فى تكوين تموجات ripples سطحية، ومع استمرار هبوب الرياح، فإن الجانب من التموج المواجه لها يمثل سطحا يتعرض لقوة دفع الرياح مما يؤدى إلى تحرك الموجة إلى الأمام، ونتيجة للجذب الناتج عن احتكاك الرياح بسطح الماء فإن أية ذرة أو أى جزىء من سطح الماء المائج تدور فى مدار دائرى فى اتجاه أمامى عند قمة

الموجة وفى اتجاه خلفى عند القاع، وعندما يشتد هبوب الرياح يحدث تحرك أمامى للذرات عند قمة كل موجة على حدة ، كما يكون تحركها الأمامى عند القمة أسرع قليلا من تحركها الخلفى عند القاع.

ونتيجة لتضافر الجذب الاحتكاكى وعملية دفع الرياح لسطح الموجة فإن سرعة الموجة عادة ما تكون أكبر من سرعة الرياح المسببة لها (Butzer,k.W,p224) ونظراً لطبيعة الرياح التى تتميز باضطرابها وتباين قوتها فإن الأمواج التى تتولد عنها تكون فى البداية - فى منطقة تولد الأمواج - مختلطة ومتباينة بشدة من حيث الحجم والسرعة، بحيث تتكسر الأمواج صغيرة الحجم مكونة غطاءات بيضاء وتخرج الطاقة الكامنة بها ويضاف جزء منها إلى الأمواج الأكبر منها وبهذا تختفى الأمواج الصغيرة لتفسح المجال أمام الأمواج الأكبرحجما، والتى يمكن أن تختزن طاقتها بصورة أفضل.

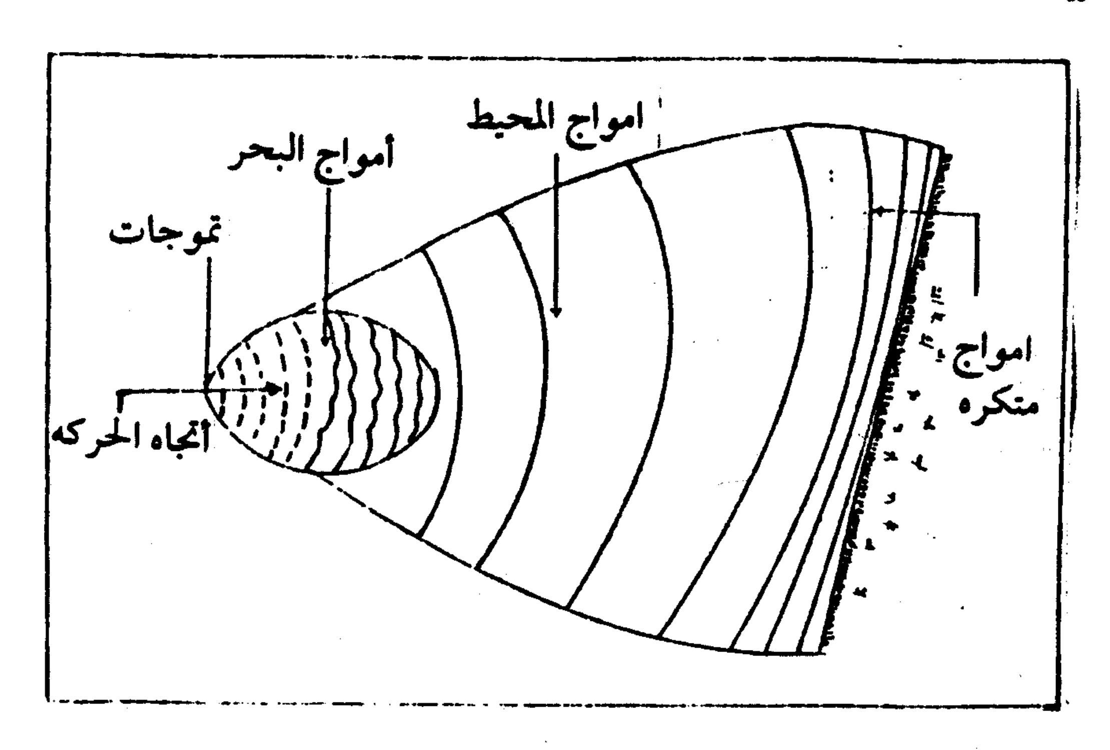
وعندما تزداد قوة الرياح وسرعتها بشكل لا تستطيع معه الأمواج تحمله فيحدث أن يشتد انحدار قمة الموجة وتتكسر فى البحر، ويحدث هذا عندما تضيق بوضوح ظاهر وتبدو كإسفين ضيق ويكون ارتفاع الموجة نحو $\frac{١}{٧}$ طولها.

وبصفة عامة فإنه عندما تولد الرياح أمواجاً بأطوال مختلفة فإن أقصرها يصل إلى أقصى ارتفاع له وبالتالى تتكسر بمعدل أسرع من الأمواج الأكثر طولا والتى تستمر فى نموها وتحركها وانتقالها لمسافات بعيدة عن مصدر الرياح المولدة لها لقدرتها على اختزان كمية أكبر من الطاقة بالمقارنة بالأمواج القصيرة.

***انتقال الطاقة من الرياح إلى الأمواج:**

الواقع أن كيفية انتقال الطاقة من الرياح إلى الأمواج من الموضوعات الصعبة التى تواجه دارسى الأمواج، وترجع هذه الصعوبة إلى خطورة بل استحالة قياس تلك العلاقة بين الرياح وماء البحر أثناء هبوب العواصف البحرية العنيفة (Bascom,W.p46).

وتتولد الأمواج بواسطة الرياح عن طريق تحويل أو نقل الطاقة من الهواء إلى الماء بحيث تزداد الأمـواج حجما مع زيادة قـوة الرياح وزيادة فترة هبوبهـا واتساع المسطح المائى الذى تهب فـوقة الرياح. وقـد سجلت اعلـى الأمواج ارتفاعـا فى المناطق من المحيـطات التى تتعرض للعـواصف العنيفـة مثل الهيـريكين والتى تبلغ سرعـتها نحو ٨٠ ميلاً فى الـساعة ويتولد عنها أمواج يزيد ارتـفاعها على أربعين متـراً وعلى أربعين قدما (أكـثر من ٢٥ متراً) وذلك فى الميـاه المفتوحـة بالعروض المدارية (Newson,B and Hanwell I.d.,1982,.P.16).



(شكل رقم ١١)
تولد الأمواج فى المياه المفتوحة

وتنقـسم الأمواج التى تتـولد بفعل الـرياح إلى نوعين رئيسـيين شكل رقم (١١) هما (أ) أمواج الـبحر Sea - waves وهى الأمـواج التى تتولد أثناء هبـوب الرياح أو العواصف وتبـدو فى خليط غير منتظم من أمواج مـتباينة فى أحجـامها وفتـراتها ومتداخلة مع بـعضها البـعض بصورة تعكس بوضوح خـصائص الرياح المولدة لها. وتنشأ تلك الأمـواج فى منطقة نفوذ الرياح القوية. وعادة مـا يستغرق تولد تلك الأمواج فترة تتراوح ما بين ١٢ إلى ٢٤ سـاعة، مع الأخذ فى الاعتبار

التباين فى سرعة الرياح وفترة هبوبها duration، فنسيم سرعته ١٦ كم/ ساعة تتولد عنه أمواج يزيد ارتفاعها على ٦٠ سم ورياح سرعتها ٤٠ كم / ساعة تولد أمواجا يصل ارتفاعها إلى أربعه أمتار ونصف، وإذا ما وصلت سرعة الرياح أو العاصفة إلى ٨٠ كم / ساعة تتولد أمواج يزيد ارتفاعها إلى أكثر من ١٨ مترا . ويعنى ذلك ببساطة أن ارتفاع الموجه يزداد هندسياً مع زيادة سرعة الرياح وزيادة طول فترة هبوبها وزيادة طول المسافة التى تهب فوقها الرياح fetch (Davies,J.L.,1980,p25.)

الأمواج العادية أو المحيطية Swell:

مع استمرار تحرك الأمواج. وخروجها من منطقة نفوذ الرياح تستقل بنفسها ويقل ارتباطها بتلك الرياح التى ولدتها فى البداية، وتبدو أكثر طولا وأقل ارتفاعا (يقل الارتفاع مع استمرار تحركها) وأكثر وضوحا فى أبعادها الهندسية وتتراوح فترات هذا النوع من الأمواج ما بين ٦ إلى ٢٦ ثانية وهى فترات ضيقة جدا مما يدل فى الواقع على تجانسها الواضح وتباعدها المنتظم عكس الحال مع أمواج البحر التى تتراوح فتراتها ما بين ١ إلى ٢٠ ثانية مما يدل على عدم انتظامها ويدل كذلك على شدة اختلاطها وتداخلها.

والواقع أن هذا النوع من الأمواج يتميز بقممه المستديرة Rounded - Crests وشكله المتوج المتجانس مما يجعله يخضع بسهولة للأسس الرياضية لنظرية الموجة Wave Theory وتتماثل مع نمط أمواج إيرى Airy التى تتميز بانخفاضها فى المياه العميقة وتحرك جزئيات الماء خلالها فى مدارات دائرية مغلقة تتحول إلى مدارات بيضاوية Elliptical - Orbits فى المياه الضحلة كما يتضح ذلك من الشكل رقم(١٣).

وقد تزداد فترات هذه الأمواج إلى ١٦ ثانية وخاصة فى نصف الكرة الجنوبى فيما بين خط عرض ٤٥ درجة جنوبا وسواحل أنتاركتيكا، فقرب سواحل نيوساوث ويلز بأستراليا تتراوح فترات الأمواج ما بين ٨ ـ ١٤ ثانية تصل إلى ٢٠ثانية أثناء هبوب العواصف مع ارتفاعات تصل إلى تسعة أمتار.

وأحياناً مـا تصل إلى الساحل الغربى لكاليفورنيـا السفلى أمواج قادمة من جنوب المحيط الهادى تزيد على ٢٠ ثانية (Derbyshire ,and others ,p111.) .

وقد أظهرت الدراسات التى قام بها كل من بيرسون pierson ونيومان Neu-man سنة ١٩٦٠ أن الأقـاليم التى يزداد فيـها معـدل تكرار العواصـف هى بـذاتها الأقاليم الرئيسية التى تظهر بهـا الأمواج المرتفعة. كما قام هولكومب Holacombe سنة ١٩٥٨ بتـحليل ٢٥ مليون مـلاحظة علميـة عن الرياح فى البحـار المفتـوحة استنتج منها أن خط العرض الرئيسى الذى يوجد به أكبر عدد من العواصف العنيفة يتمـثل فى خط ٤٥ درجة جنوبا فى الشـتاء وخط ٥٦ درجة جنـوباً فى الصيف، وفى المقـابل خط عرض ٦٢ درجـة شـمالاً فى الصـيف ,٤٦ درجـة شمـالاً فى الشتاء، وأن أكثـر السواحل التى تتعرض للأمواج المحيطيـة هى السواحل المكشوفة حيث تأتى إليهـا من مناطق بعيدة (Newson,M.D Hannwell I.D.,p165) حيث أعالى البحار.

٣ ـ سرعة انتشار الأمواج:

يمكن الحصول على انتشار شكل الموجة من خلال تطبيق المعادلة التالية:

س = ل/ف أو $C = L / T$

وحيث إن ل تسـاوى تقريبا ١,٥٦ قدر مـربع الفترة فى الثـانية (وذلك فى حالة ما إذا كانت مـقاسة بالمتر) أو تساوى ٥,١٢ قدر مربع فـترة الموجة فى حالة القياس بالقدم فـإنه يمكن حساب سرعة موجه فى مـياه عميقة فتـرتها على سبيل المثال ١٠ ثانية وطولها ١٥٦ متراً كالتالى:

أ ـ طول الموجه هنا ينتج عن حـاصل ضرب الثانية ١,٥٦م فى مـربع الفترة وهو هنا ١٠٠ (١٠×١٠).

ب ـ السرعـة هى نتاج قسمـة طول الموجة (ل) ١٥٦ متراً على الفـترة (ف) وقدرها ١٠ ثانية.

جـ ـ أى أن السرعة تساوى ١٥٦ على ١٠ = ١٥,٦م / ثانية أو =٥٦١٦٠م (٥٦,١٦كم) فى الساعة.

وجدير بالذكر أن أطول فترة موجة بلغت ٢٢,٥ ثانية بسرعة أكبر من ٧٥ كم / ساعة وهى من نمط الأمواج المحيطية. وإن كانت هناك أمواج إستثنائية قد تصل فترتها إلى نحو ٣٠ ثانية ما زالت العوامل المسببة لها غير واضحة. وهذا النوع يسبب مخاطر شديدة للسفن وخاصة حينما تنحصر السفينة بين قمتين لموجتين متتاليتين.

٤ ـ طاقة الموجة: Wave - energy

بالنسبة للأمواج فى المياه العميقة فإن طاقتها الكامنة Potential Energy تتساوى مع الطاقة الحركية حيث تختزن الأولى داخل الموجة مع تحرك أفقى محدود، بينما تظهر الثانية فى تحرك جزئيات الماء فى مدارات دائرية (راجع بالتفصيل صبرى محسوب ١٩٩١ ص ٢٦ ـ ٢٧).

وتفقد الأمواج جزءاً من طاقتها أثناء تحركها على سطح البحر، حيث تفقد الأمواج المحيطية نحو ٩٠٪ من طاقتها بعد مسافة ٢٠٠٠ كيلو متر من مصدرها، ثم يبدأ معدل التناقص فى الطاقة فى القلة بشكل ملحوظ.

ويجدر القول بأن تكسر الأمواج الصغيرة يضيف جزءا من الطاقة إلى الأمواج الأكبر والتى تستطيع مقاومة عمليات التكسرفى المياه العميقة.

وبالنسبة للتوزيع الجغرافى لطاقة الموجة، فنجد أن الأمواج ذات الطاقة المرتفعة توجد فى المناطق التى تتعرض للعواصف القوية خاصة على السواحل الغربية فى العروض المعتدلة حيث تسود الرياح الغربية. وكثيراً ما تتولد أمواج ضخمة فى حالة إذا كانت درجة حرارة سطح البحر أعلى من حرارة الهواء الملامس له (Davies J .L, p 25) .

وتتمثل الأمواج متوسطة الطاقة على السواحل الشرقية فى العروض المعتدلة وتنخفض الطاقة فى أمواج البحار المغلقة وشبة المغلقة مثل البحر المتوسط والبحر الأسود والخليج العربى والبحر الأحمر وكذلك على سواحل المحيط المتجمد الشمالى وحول قارة أنتاركتيكا (القارة القطبية الجنوبية).

٥ ـ التغيرات التى تطرأ على الأمواج فى المياه الشاطئية الضحلة:

تتمثل أهم التغيرات التى تطرأ على الأمواج عندما تقترب من المياه الضحلة فيما يلى:

(أ) ارتداد الموجة : Wave - Reflection :

عندما تصطدم موجة ما بحاجز مستقيم فإنها ترتد (تنعكس) إلى الخلف مع فقد جزء محدود من طاقتها ويحدث لها ذلك عندما تصطدم بجرف صخرى منحدر مما يزيد الفاقد من الطاقة عند ارتداد الموجة.

(ب) انحراف الموج: Wave Refraction :

من الظاهرات الرئيسية التى يمكن مشاهداتها عند دخول الأمواج منطقة المياه الضحلة انحراف قممها عند اقترابها من الشاطئ وخاصة عندما يكون شديد الانحدار أو عندما تقترب من حوائط من صنع الإنسان مثل حواجز الأمواج وغيرها. وانحراف الأمواج يشبه كثيراً انكسار الضوء عند اختراق الأشعة الضوئية مجالات مختلفة فى كثافتها.

وعندما تقترب الأمواج بميل أمام الشاطئ فإن خطوط القمة crest lines تنحرف متوازية مع بعضها البعض فى محازاة خط الشاطئ، وهذا التغير فى الاتجاه مع التغير فى السرعة يسمى انحراف refractiin.

والواقع أن طوبوغرافية القاع وامتدادات النتوءات اليابسة promonteries وتوغل الخلجان، كلها تعمل على انحراف الأمواج إذا ما هبت رياح محلية بزاوية على شاطئ مستقيم مما يؤدى إلى اقتراب الأمواج من الشاطئ فى صورة منحرفة.

وعندما تتقدم الأمواج عند مداخل الخلجان ـ حيث المياه عميقة ـ تكون أسرع إذا ما قورنت بتقدمها فى المياه الضحلة أمام النتوءات الساحلية حيث إن ضحولة الماء تزيد من فرصة احتكاك المدار البيضاوى لجزيئات الماء فى الموجة بالقاع ويعنى ذلك أن النتوءات الساحلية promontories موضع تركز لقوة تلاطم الأمواج عكس الخلجان. ولذلك فإنه من الأهمية بمكان للتخطيط الهندسى لحماية السواحل الإلمام الكامل بخصائص الأمواج وانحرافها أمام السواحل المطلوب حمايتها، كذلك يجب الاهتمام بدراسة تفصيلية لقاع البحر أمام هذه السواحل.

(جـ) تشعع الموجة: wave defracition:

عندما تصطدم الأمـواج بحاجز ممتد فى ميـاه البحر مثل حـاجز الأمواج أو الأرصفة الخرسانية فإن طاقة الموجـة تمر خلف هذا الحاجز، وعادة ما تتجة الأمواج إلى الالتفاف حـوله وذلك بسبب الانتشار الجـانبى لطاقة الموجة على طول قمـتها خاصة عندما تـكون الموجة مرتفعة، وإذا ما كان هذا الحـاجز أقل من طول الموجة القادمة فلا يظهر طيف للموجة على الإطلاق، وحيث يكون قاع البحر في موضع التشعع منتظماً فإن مقدمة الموجة تأخذ الشكل التقريبى لأقواس دوائر متعاقبة حول مركز موضعه عند نهاية الحاجز تجاه البحر.

(د) تداخل الأمواج: wave interfrence:

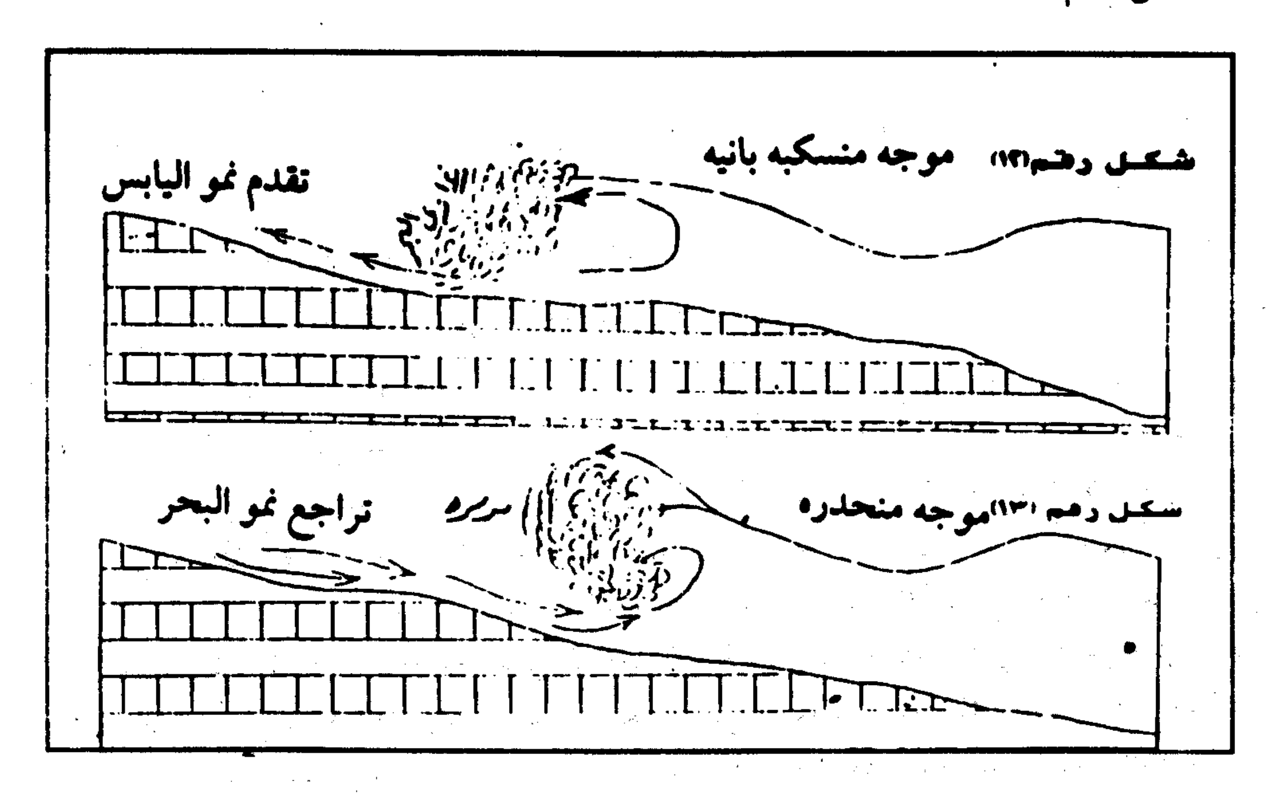
يحدث تداخل الأمواج أمام الشاطئ إذا ما ارتدت مـوجة نحو البحر فيؤدى هذا الارتداد إلى تداخلها مع الأمواج التـالية لها فى نمط شبكى معقد، وكـثيراً ما تعمل الرياح المحلية على توليد أمواج شاطئيـة تتداخل مع الأمواج المحيطية القادمة من مناطق بعيدة، وإذا ما ارتدت موجـة ما إلى الخلف فإن ارتدادها يكون منحرف بشكل واضح مما يجعلها محجوزة مـا بين الشاطئ وبين الأمواج العادية المقتربة من المياه الضحلة فى اتجاه معـاكس لاتجاه الموجة المرتدة، ويطلق على الأخيرة فى هذه الحالة تعبير edge waves، ويري البعض من أمـثال Bowen وأينمان أن حدوث مثل هذه الأمواج وتداخلهـا مع الأمواج العادية اللاحقة يرتـبط بظهور العديد من الأشكال الرسوبية الـشاطئية مثل الحـواجز الرملية هلالية الشكل والحـافات الرملية الغارقة وغيرها.

ويحدث التداخل بين الأمواج بوصول قمتين لموجتين مختلفتين فى موضع ما فى نفس الوقت، بمعنى أوضح عند وصول مـوجتان متشابهـتان فى ترددهما Fre-quency وفترتهما فى موضع معين (صبرى محسوب ١٩٩١، ص٣٨).

(هـ) تكسر الأمواج: wave - breaking:

يعد تكسر الأمـواج خطوة هامة فى العمليات الجـيومورفولوجيـة الساحلية، فالموجة عندما تقترب من الشاطئ الضحل يقصر طولها وتشتد انحداراً حيث يؤدى احتكاكها بالقاع إلى تحويل الحركة المدارية لجزيئات الماء داخلها إلى مدارات بيضاوية مائلة tilted ellipses مع زيادة سرعة الذرات فى القـمة وارتفاعها واندفاعـها نحو اليابس، وفى النهـاية تنهار مقدمـة الموجة لعدم وجـود دعامة ترتكز عليـها وبذلك يحدث ما يعـرف بالتكسر breaking، وحيثـما يتكسر مدار الجزئيـات فإن الموجة نفسها تتكسر، ويقدر بأن العمق الذى تتكسر عنده الموجة يتراوح ما بين ١,٢٥ إلى

٧٥, من ارتفاع الموجة التالية لها والتى لم تتكسر بعد، وعادة ما تتكسر الأمواج إذا ما زادت سرعة ذرات لماء فى القمة عن سرعة الموجة نفسها (شكل رقم ١٢) وشكل رقم (١٣).



والواقع أن الحركة الميكانيكية للأمواج عند تكسرها ما زالت فى حاجة إلى دراسات وأبحاث عديدة لكى تتضح جيداً.

ويختلف شكل التكسر تبعاً لانحدار الشاطئ وعمق الماء أمامه ودرجة تحدر الموجة فإذا ما كانت الموجة من النوع الطويل المنخفض والشاطئ شديد الانحدار وتتكون صخوره من تكوينات حصوية خشنة تنشأ موجة تكسر breaker من النوع المدمر المصحوب بفرقعات نتيجة لاحتوائها على كمية كبيرة من الهواء المضغوط تعرف بالموجة الساقطة plunging breaker .

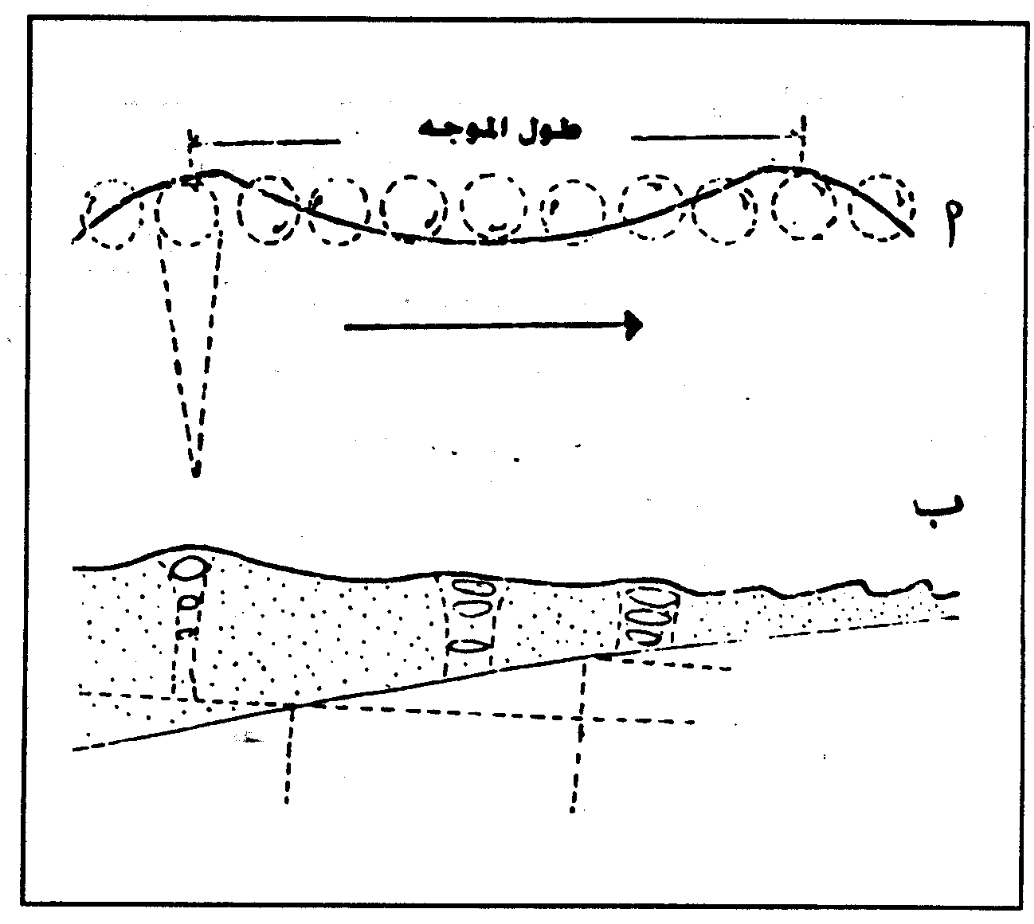
وقد يكون التكسر من النوع الهادئ البانى للشواطئ وذلك عندما تكون المنطقة الشاطئية ضحلة وقليلة الانحدار ومن صخور رملية، ومن ثم تفقد طاقتها ببطء عند التكسر وتبدو مقدمتها مغطاة برغاوى البحر والفقاقيع المائية وتعرف بالأمواج البانية Constructive waves · صورة رقم (٢) التى تظهر عند قدوم أمواج بانية على شواطئ ليلاند الرملية المنخفضة بفرنسا.



صورة (٢) أمواج بانية على شاطئ رملى ليلاند بفرنسا

(و) قياس الأمواج :

رغم تعقـد وشدة اختـلاط الأمواج مع بعضـها البعـض فيمـا يعرف بطيف الأمواج فقد أمـكن للطرق الإحصائية الحديثة تحـديد أبعاد الموجة (شكل ١٤) ومن ثم استنتـاج خصائصهـا التى ذكرت آنفاً، فـقد أمكن الحصول على ارتفـاع الموجة



شكـل (١٤) أبعـاد الموجـة

وفتـرتها ـ على اعتـبار أنها من القـيم الإحصائيـة ـ من طيف الموجة الذى يتمـيز بتعقيده وشدة اختلاطه، فبـالنسبة للارتفاع وجد أن متوسط ارتفاع أعلى ٣٣٪ من أمواج الطيف يعد رقمـاً مفيدا من وجهة النظر العملية ويتم ذلك باسـتخدام ساعة السباق Stopwatch ، وذلك بملاحظة وتحديد الفـترة الزمنية التى يسـتغرقهـا مرور عشر قمم مـوجية على علامة ثابتة كـشاخص أو غير ذلك، ومتوسط هـذه القيمة يمكن أن يعطى فكرة مـعقولة عن فـترة الموجـة بالمنطقة الساحلـية المراد دراستـها. خاصـة عندما تكون الأمواج مـن النوع البسيط المنتظم فـى شكله . وبمعرفة فـترة الموجة يمكن حـساب طولها كـما ذكر آنفـاً. والواقع أن حساب طول الموجـة يعد ضرورياً لتقدير تحدر الموجة Wave steepness والذى يعد بدوره من أهـم العناصر فى العلاقـة بين الموجة وتشكيل الشاطئ المعـرض لها، كذلك يمكن قيـاس ارتفاع الموجة بواسـطة شاخص مدرج نسـبيـاً وذلك فى المياه الضـحلة ويمكن استـخدام التيودوليت بوضعه على مسافة من الشـاطئ فوق عوامة بحيث تتحرك مع الأمواج وتقاس الزوايا الرأسية مع تتابع الأمواج وأحواضها باستخدام الشاخص المدرج على مسافة من التيودوليت.

وبالنسـبة لتحدر الموجة ـفيمكن الحـصول على معدله من خلال النـسبة بين ارتفاع الموجـة وطولها، وعادة ما تزداد نسـبة الارتفاع إلى الطول مع الانتـقال من المياه العمـيقة إلى المياه الضـحلة. ويوجد كذلك جهاز يسـتخدم لقيـاس السرعات المدارية للأمواج Orbital velocities فى مناطق التكسـر وقـد أثبت هذا الجهـاز كفـاءته عند استـخدامه وغـيره من أجهـزة القياس فـى دراسة خصـائص الأمواج والتيارات الشاطئية أمام ساحل لاجولا Lajolla بولاية كاليفورنيا الأمريكية. ومن خلال هذه القياسات وجد أن الحركة المدارية تتبع نمط وشكل الموجة وتزداد سرعتها مع تناقص العمق ـ وذلك فى الموجة الواحدة، وتزداد بسرعة كبيرة جداً فى العمق الواحـد مع زيادة ارتفاع الموجـة حيث وجـد أنه عند عمق ١٥ قـدماً فـإن موجـة ارتفاعها واحد ونصف قدم كانت السـرعة المدارية بها ٢ قدم / ثانية ولما زاد ارتفاع الموجة فى نفس العمق إلى ثمانية أقـدام ونصف وصلت السرعة المدارية بها ٨ قدم / ثانية (King.C.A.,P 141).

وأما عن قياس أثر الأمواج على السواحل فقد تمت محاولات عديدة لقياس الضغوط الناجمة عن تكسر الأمواج على الجروف والدفاعات الساحلية مثل الحواجز وغيرها، ومنهاما استخدمه «دى روفيه» De Rouville سنة ١٩٣٨ فى قياس القوة الناتجة عن الأمواج على الحواجز البحرية فى دييبه Dieppe بفرنسا، وقد أظهرت النتائج التى حصل عليها على أن موجة ارتفاعها ستة أقدام وطولها ١٣٢ قدما كان أقصى ضغط لها ١٢,٧٠٠ رطل على القدم المربع من صخور الساحل، وقد تجاوز الضغط ١٠٠٠ رطل على القدم المربع خلال فترة لا تتجاوز ٠٠١, من الثانية، ومثل هذا الضغط الشديد رغم ندرته إلا أن أثره التدميرى يكون كبيراً للغاية خاصة فى حالة الصخور كثيرة المفاصل Joints والشقوق مع تكسر الموجة على جرف بحرى، (King,C.A.M,P 143) كما يلعب عمق الماء أمام الجرف دوره فى تحديد نقطة التكسر، فحيث يزداد العمق أمام الشاطئ فإن معظم طاقة الموجة ترتد إلى البحر دون أن تهاجم الجرف، وفى حالة ما إذا كان الماء ضحلاً بدرجة كبيرة فإن الموجة سوف تتكسر قبل أن تصل إلى خط الشاطئ (راجع بالتفصيل صبرى محسوب ١٩٩١، ص٤٦).

٦ ــ أمواج التسونامى:

تعد أمواج التسونامى أكثر أنواع الأمواج تدميراً حيث تصل بصورة مفاجئة مرتبطة باضطرابات قاع البحر من زلازل وبراكين، كما قد تنتج عن التفجيرات الذرية التى تتم عند قاع الأحواض المحيطية.

وقد تنتج على سبيل المثال عن هبوط جزء من قاع البحر سلسلة من الأمواج التى ترحل لمسافات بعيدة بسرعة كبيرة وخسارة محدودة فى طاقتها.

وتتميز أمواج التسونامى بارتفاعاتها المحدودة فى المياه المحيطية العميقة ولكنها ترتفع إلى مناسيب أعلى عندما تدخل المياه الساحلية الضحلة، مما يؤدى فى أغلب الأحوال إلى إغراق السواحل التى تتعرض لها، ويعتمد ارتفاعها فى المياه الضحلة على طبيعة الساحل وعمق المياه الشاطئية.

ونظرا لأهمية هذا النوع من الأمواج كظاهرة أوقيانوغرافية هامة فسوف نتناولها بشىء من التفاصيل فيما يلى لإبراز خصائصها وآثارها على السواحل التى تتعرض لها والجهود المبذولة للتنبؤ بقدومها وتجنب آثارها التدميرية.

فعنـد حدوث اضطرابات فى مـياه المحـيطات وحول أحـواضها أثنـاء وبعد حدوث الزلازل والانزلاقات الأرضية land sliding أو الطفوح البركانية volcanic eruptions تظهر أمواج تبلغ أطوالهـا عدة مئات من الكيلومتـرات مع فترات تزيد على ثلاثين دقيقة مع سـرعة انتشار تصل إلى أكثر من ٧٠٠ كيلو مـتر فى الساعة عبر مياه المحـيطات العميقة، وعندما تدخل المياه الساحلية الضـحلة تبدو كموجات مدية عملاقة giant tidal waves قد يصل ارتفاعها إلى أكثر من ثلاثين متراً سرعان ما تغرق الساحل وتدمر منشآته.

والواقع أنه ليس هناك عـلاقة بين هذه الأنواع من الأمـواج وبين حركـة المد والجزر رغم أن كلمة تسونامى Tsunami اليابانية التى تنعت بهـا تعنى أمواج مدية tidal waves.

وتظهر هذه الأمواج أكثر ما تظهر بالمحيط الهادى الذى تحيط بحوضه مناطق عدم استقرار فى القشرة الأرضية Crustal - instability تعد مسئولة عن الكوارث الناجمـة عن إغراق العديد من قطاعـات السواحل خاصة تـلك المطلة على المحيط الهادى فى كل من أمريكا الشـمالية والجنوبية فى الشرق واليـابان وما يجاورها من جزر وسواحل قارية فى الغرب.

ومن أشهر الأضـرار الطبيعية الناجـمة عن أمواج التســونامى ما تعرضت له سواحل جزر هوائى فى أبريل من عام ١٩٤٦ حيث وصلتـها أمواج التسونامى كرد فعل لحـدوث زلازل قرب جزر الوشيـان متجهـة نحو الجنوب إلى أن وصلت إلى الجزر (جزر هوائى) على بعد ٣٧٠٠ كم وذلك فى أقل من خـمس ساعات بمعدل سرعة كـم/ ساعة، وقد وصف شـيبرد Shepard ـ الذى كـان فى أواهو بجـزر هوائى أثناء حدوث هذه الأمواج ـ كيفية تأثيرها على الساحل المرجانى حيث ارتفع ماء البحـر إلى عشرة أمتار مما أدى إلى غـمر مساحات واسـعة من بلدة هيلو Hilo ووصل ارتفاع الأمـواج أمام سواحلهـا إلى أكثر من ١٦,٨ مـتراً مما أدى إلى إزالة البلاجات واكتساح المفتتات المرجانية reef debris وتكون ثغرات فى جوانب التلال المواجـهة للمـحيط على ارتفـاع أعلى من مسـتوى المد الربيـعى Spring - tide. وتوضح الصورة رقم٣ الآثار التخريبية على إحدى جزر «كوريل» شمال اليابان.



صورة رقم (٣)

أثر أمواج التسونامى على إحدى جزر كوريل باليابان

ومن المناطق الأخـرى التى تعـرضت لتلك الأمـواج سـواحل ألاسكا وذلك عندما حـدث زلزال فى مارس ١٩٦٤ عند نقطة تقع على بعـد خمسين كيلو مـتر شمال خليج برنس وليامـز أسفل الجبال الجليدية ice berges نتج عنه تشـقق هذه الجبال الجليدية وتناثرها فى عدد لا يحصى من الكتل فى مساحة دائرية يبلغ قطرها ٢٠٠ كم فى الخليج سـابق الذكر. وقـد نتج عن هذا الزلزال انهـيارات أرضـية mass wasting على طول امتداد السواحل الجبليـة فى شبه جزيرة ألاسكا أضافت إلى ميـاه المحيط ملايين الأطنان من المواد الصخـرية المختلفة. وقد تعـرض ساحل خليج ألاسكا فى منطقـة الرفرف القارى الذى يمتـد من حوض برنس وليـامز من الجنوب الغربى حتى جزر ترنتى لأمواج التسونامى التى ارتطمت بالساحل وتولدت عنها تيارات سريعة وقوية مما أدى إلى أن تدميـر جميع الموانئ بالمنطقة، كما أزيلت

العلامات الملاحية البحرية، والتى كانت توجد على ارتفاع يزيد على ثلاثين مترا فوق مستوى سطح البحر. كذلك هبطت جزيرة كودياك تحت مستوى سطح البحر إلى نحو مترين وغمرت مياه البحر مساحات واسعة من سواحلها (ريتشارد، س فيشر ص٢١٧).

وبصفة عامة فإن الأمواج التى نتجت عن زلزال ألاسكا سابق الذكر تعد من أكثر الأمواج التسونامية تخريباً وتدميراً للسواحل التى تعرضت لها وخاصة أنها قد أثرت أيضا على سواحل اليابان وهاواى وسيوزيلند عندما ارتدت من السواحل الغربية لأمريكا الشمالية إلى تلك المناطق.

ونظراً للآثار التخريبية والتدميرية لأمواج التسونامى فقد أنشئت العديد من المحطات المجهزة بأحدث الأجهزة السسموجرافية الخاصة بالتحذير من الزلازل وما يعقبها من أمواج التسونامى خاصة على السواحل الغربية للولايات المتحدة وسواحل اليابان.

ولقد أثبتت الدراسات الحديثة أن قوة أمواج التسونامى تعتمد جزئياً على طوبوغرافية الشاطئ الخارجى off shore topography حيث تكون أعلى فى ارتفاعها عندما يكون الرفرف القارى قليل الانحدار، كما أنها تتأثر بمدى مواجهة الساحل لمنطقة حدوث الاضطرابات الناتجة عن الزلازل والبراكين الغارقة.

ولحسن الحظ فإنه قد أصبح فى الوقت الحاضر من اليسير التنبؤ بحدوث أمواج التسونامى إلى حد ما عن طريق وسائل تعتمد على حقيقة مفادها أن الزلازل التى تسببها ترتحل بسرعة عظيمة تصل فى بعض الأحيان إلى عشرة آلاف كيلو متر فى الساعة. فعلى حين يعطى جهاز الزلازل إنذارا لهزة أو زلزال فى جزء من الساعة نجد أن الموجة المدية لا تصل إلا بعد ست ساعات تقريباً، وجميع أجهزة رصد الزلازل تستطيع بسرعة كبيرة تحليل مصدر هذه الهزات ومكان حدوثها (ريتشارد ، س، ص٢٩٢).

وعموما، فإنه سيجيء - اليوم الذى يشهد تقدما هائلا بالتنبؤ بحدوث أمواج التسونامى مرتبطا بالتقدم الهائل فى التنبؤ الدقيق بحدوث الزلازل المسببة لها.

* * *



الفصل الخامس



المد والجزر والتيارات المدية

١ ـ المد والجزر High tide and low tide

● مقدمة :

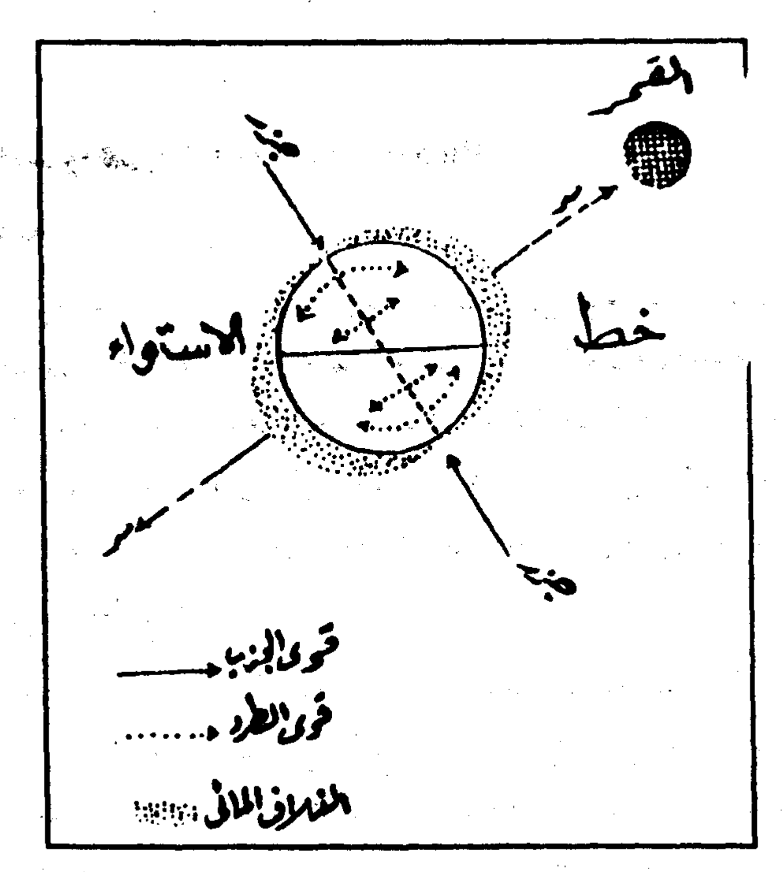
المد والجزر عبارة عن حركتى ارتفاع وانخفاض لمياه البحار والمحيطات تتم فى تتابع يومى منتظم يتكرر فيه كل منهما مرتين وأحيانا مرة واحدة، وهذه الحركات ذات أهمية كبيرة فى الجيومورفولوجيا الساحلية لكونها تؤدى إلى حدوث تغييرات منتظمة فى مستوى ماء البحر على طول امتداد السواحل، كما يتولد عنها ـ مع تكرار حدوثها ـ تتابع غمر وحسر محدود على السواحل التى تعرض لها.

أ ـ طبيعة المد والجزر:

حركتا المد والجزر ببساطة عبارة عن تذبذبات Osillatoins فى مياه الأحواض البحرية ترتبط ارتباطا جزئيا ببعض الخصائص الأخرى مثل حجم وشكل الحوض، وتلعب قوى الجاذبية gravitational forces الناتجة عن القمر والشمس الدور الأكبر فى تكونها، هذا إلى جانب تأثرها بالطرد المركزى الناتج عن دوران الأرض earth rotation.

وجدير بالذكر أن هذه المياه المتحركة فى شكل هرمونى منتظم تستدير حول عدد من النقاط العقدية nodal points بحيث يزداد تأثيرها بقوى الجاذبية كلما اقتربت هذه النقاط العقيدية من سطح البحر.

ويتم قياس حركتى المد والجزر على المناطق الساحلية بواسطة مقياس المد وخاصة عند الموانئ البحرية، ويبدأ التسجيل بعد ظهور القمر وعند اكتماله بدرا. وعندما تقع الأرض والشمس والقمر فى مستوى واحد ففى هذه الحالة تتضافر الجاذبية الشمسية مع جاذبية القمر فى حدوث زيادة فى ارتفاع الماء عند المد وزيادة فى انخفاضه أثناء الجزر، ويحدث ذلك مرتين فى الشهر العربى إحداهما فى منتصفه والثانية عند نهايته، أى عندما يكون القمر بدرا أو محاقا وعندئذ يصل المد إلى أعلى مستوى له وينخفض الجزر إلى أدنى منسوب ويسميان فى هذه الحالة المد أو الجزر الربيعى (شكل ١٥).



شكل (١٥) حـــدوث المد والجـــزر

وعندمـا تدور الأرض حول الشـمس ويدور القمـرحول الأرض فـإن قوى الجاذبية وقـوة الطرد المركزية Centrifugal force يتوازيـان تماماً وذلك عند مـركز الجاذبية الأرضيـة، وإن كانت المسطحات المائية الأقرب إلى القمـر والشمس تسبب تفوقا بـسيطا للجاذبية على قـوة الطرد المركزية، وينتج عن ذلك ـ بطبيـعة الحال ـ ارتفاع مسـتوى الماء أو حدوث المد والجزر، والذى يبلغ طول موجتـه تقريبا نصف محيط الأرض وفترته ١٢ ساعة.

ويتحكم عمق الماء فى سـرعة الموجة المدية عبر المحـيط إلى جانب أن طولها وفترتها يكفيان لجعل المد والجزر فى شكل موجة منخفضة.

ويمكن الحصول على سرعة انتشار الموجة المدية فى المياه المحيطية العميقة من خلال العلاقة الآتية:

$$cs\sqrt{gd}$$

حيث إن CS = سرعة انتشار الموجة المدية.

g= نسبة التغير فى السرعة الناتجة وتبلغ ٩٨٠سم/ ثانية .

d= عمق الماء .

وعلى سبيل المثال متوسط عمق المحيط الأطلنطى يبلغ ٤٠٠٠ متر وسرعة انتشار الموجة المدية به تساوى ٢٠٠ / ثانية (Derbyshire, E.and others,P 122).

أما بالنسبة للمياه الأبعد التى لا تواجه كل من القمر والشمس فإن تأثرها بقوى الجاذبية سيكون محدوداً، وفى المقابل فإنها تتأثر بقوة الطرد المركزى بصورة أكبر مما يدفعها نحو الخارج وبالتالى ينتج مد بحرى يشبه ما حدث على الجانب المقابل الذى تأثر بوضوح بجاذبية كل من القمر والشمس (١).

وتعمل الرياح الشاطئية On shore wind على ارتفاع منسوب المياه أمام الشاطئ، بينما تؤدى الرياح القادمة من اليابس نحو الشاطئ على تخفيضها، كما أن انخفاض الضغط الجوى يرتبط بارتفاع منسوب المياه والعكس مع الضغط المرتفع، ويقدر بأن ارتفاع الضغط الجوى بمقدار ملليبار واحد يؤدى إلى انخفاض منسوب مياه المحيط بمقدار ١ سم(٢). ويحدث الغمر المدى tidal Surge عندما تؤدى الرياح الشاطئية إلى ارتفاع منسوب المياه الشاطئية بدرجة كبيرة، وكثيرا مايتعرض الساحل فى هذه الحالة إلى مخاطر كبيرة خاصة إذا ما حدث تطابق بين هذا المنسوب الناتج عن الرياح الشاطئية القوية وحدوث المد الربيعى spring-tide الناتج عن الجاذبية القمرية والشمسية، فقد حدثت فى سنة ١٩٥٣ موجة مدية مندفعة بسبب هبوب زوابع شمالية ببحر الشمال مما أدى إلى ارتفاع منسوب المياه الساحلية إلى ثلاثة أمتار وغمر مساحات شاسعة شرقى إنجلترا وشمالى هولندا وألمانيا .

---

(١) توجد تباينات كبيرة على المدى البعيد فى الفارق المدى ترتبط بالدورات الفلكية للمواقع النسبية للشمس والقمر من الأرض. فالقمر على سبيل المثال يعود فى دورته الشهرية حول الأرض إلى موقع قريب من موقعه الأصلى ، ذلك كل ٢٧,٥ يوم ولكنه يعود إلى موقعه الأصلى بالفعل كل ١٨,٦ سنة (Bird.E.C.F.,P 70)

(٢) المليبار يعادل ١ من وحدة أخرى هى البار وهى الوحدة الدنياميكية لقوة الضغط الواقعة على مساحة قدرها واحد سنتيمتر مربع.

ويعرف المد المرتفع المرتبط بآثار ميتيورولوجية بساحل أستراليا الشمالى king tide حيث تصاحب الرياح الشاطئية أمطار غزيرة خلال موسميات الصيف مما يؤدى الى غمر للسواحل والإضرار بالمنشآت الساحلية.

وتؤدى عواصف الهريكين hurricane المدارية إلى رفع منسوب مياه البحر إلى أكثر من ستة أمتار على طول شواطئ خليج المكسيك وشواطئ الجزر المتناثرة فى البحر الكاريبى. ومن المألوف حدوث عواصف تؤدى إلى غمر بحرى للسواحل المطلة على خليج البنغال، ففى عام ١٩٧٠ هب إعصار عنيف على المناطق الساحلية من باكستان الشرقية حينذاك (بنجلاديش حالياً) أدى إلى مقتل نصف مليون شخص وكانت سرعته تزيد على ثمانين عقدة فى الساعة مما أدى إلى طغيان مياه البحر على الساحل وإغراق العديد من الجزر تحت مياه الخليج (طريح شرف، ١٩٨٣، ص١٦٠).

كما وصل تأثير الغمر البحرى الناتج عن العواصف المدية المرتبطة بعواصف الهريكين والتى هبت على سواحل ولاية لويزيانا الأمريكية سنة ١٩٥٧ إلى نحوخمسين كيلو متر نحو الداخل ساعد على ذلك انخفاض مناسيب الأراضى الساحلية، وكانت سرعة العاصفة نحو مائة كيلو متر/ ساعة.

وقد يحدث الغمر المدى على سواحل البحار المغلقة enclosed seas مثل البلطى والبحر الأسود ويكون عنيفًا على كل جانب باستثناء الجانب المواجه للرياح المسببة للغمر البحرى.

وقد ذكر كل من ماكنتاير Mckintire وولكر سنة ١٩٦٤ فى دراستهما لأثر الأعاصير المدارية على جزر موريشيس أن التغيرات الطوبوغرافية التى أوجدتها هذه الأعاصير على سواحل جزر موريشيس تختلف كثيراً عن تلك التى توجد على سواحل خليج المكسيك حيث تتميز الأولى بامتداد الجروف البحرية المرتفعة التى حدت كثيراً من امتداد الغمر البحرى نحو الداخل على العكس من آثار الهريكين على سواحل جزر الكاريبى وخليج المكسيك التى تتميز كما ذكر آنفا بانخفاض مناسيبها (Davies,J.L.P 48).

وتلعب الاختلافات الفصلية فى درجة الحرارة وكذلك الاختلافات فى درجة الملوحة دورها فى التذبذبات الواضحة فى مياه المحيطات، فحجم كتلة ماء البحر يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة، كما أن انخفاض درجة الملوحة يقلل من الكثافة النوعية وهذه تؤدى إلى زيادة فى ارتفاع منسوب البحر، وتوجد كذلك تباينات محلية فى الفارق المدى tidal range ترجع إلى شكل الساحل واندفاع المياه من الأنهار نحو البحر والمنشآت الهندسية على السواحل مثل كاسرات الأمواج وحواجز الرمال وغيرها.

ب ـ أنواع المد والجزر:

ينقسم المد والجزر إلى ثلاثة أنواع:

١ـ النوع الأول وهو المد اليومى durnal tide ويحدث فيه مد واحد وجزر واحد خلال اليوم (٢٤ساعة) تقريباً.

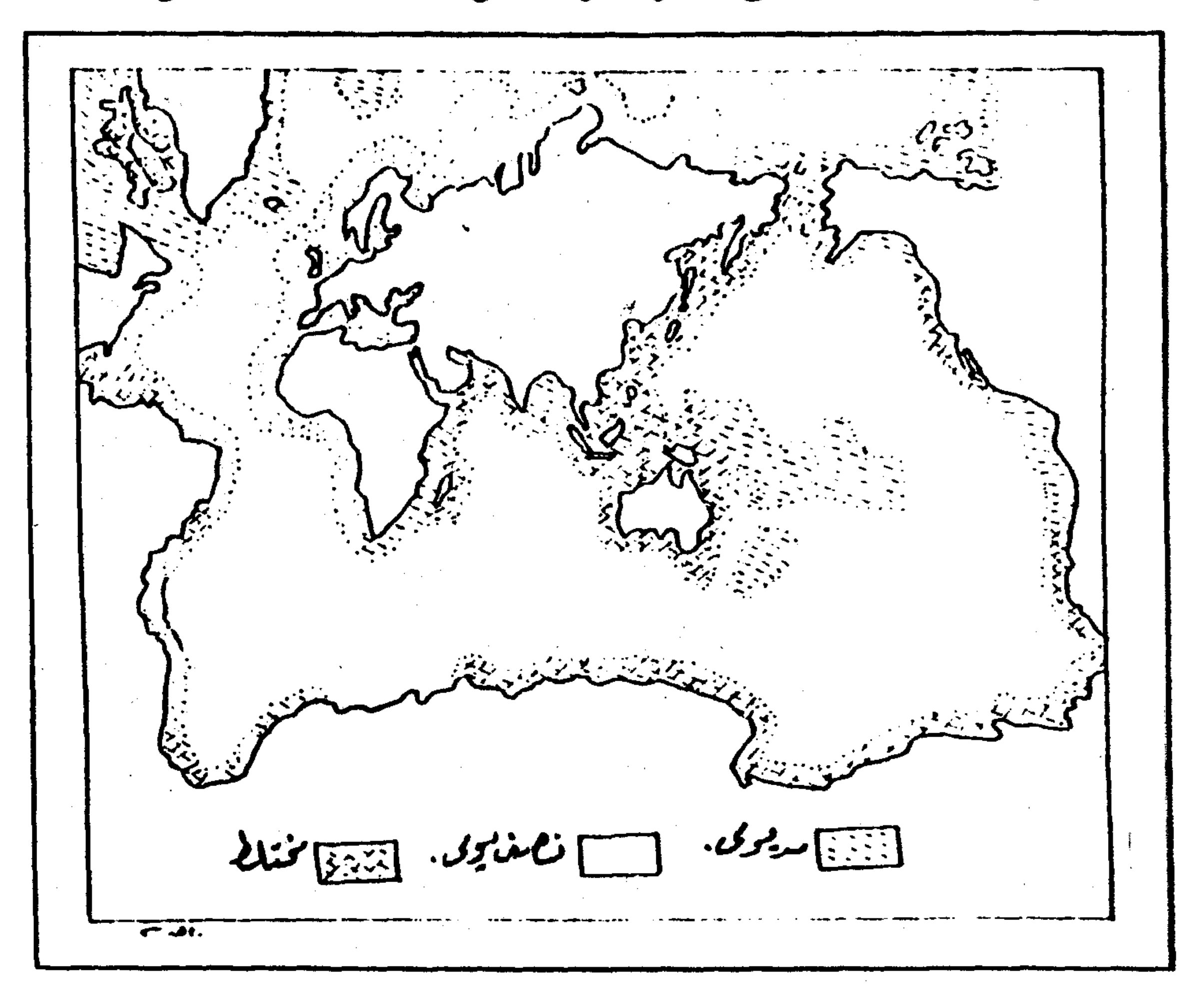
٢ ـ النوع الثانى وهو المد والجزر نصف اليومى Semidurnal tide ويحدث به مدان وجزران لنفس المدة السابقة (٢٤ ساعة).

٣ ـ النوع الثالث وهو مختلط ويعد أكثرها تعقيداً، فرغم حدوث مدان وجزران إلا أنهما لا يظهران بنفس القدر من الارتفاع والانخفاض، وهذا النوع أكثر انتشاراً على الساحل الغربى للولايات المتحدة الأمريكية حيث يظهر التتابع فى حدوثها بالشكل التالى منخفض ـ منخفض ثم منخفض مرتفع ومرتفع منخفض ثم مرتفع مرتفع، وقد يظهر التتابع فى بعض السواحل كالتالى: مرتفع ـ منخفض ومنخفض مرتفع ثم منخفض ومرتفع ـ مرتفع.

ويكثر المد والجزر نصف اليومى على سواحل الأطلنطى الذى تخضع كل سواحله تقريبا لهذا النوع من المد والجزر. ويوجد النوع اليومى والمختلط أساسا على طول سواحل المحيط الهادى والمحيط الهندى. وبينما يسود النوع نصف اليومى على سواحل المحيط القطبى الشمالى نجد أن النوع اليومى والمختلط يسود على سواحل أنتاركتيكا (Davies J.L.,p 50).

والحقيقة أن تحديد نوع المد والجزر السابق له أهمية كبيرة فى تحديد التباينات فى أطوال الفترات الجافة ما بين حدوث المد والجزر، حيث يعد متغيرا هاما فى تحديد الفترة التى يمكن لعمليات التجوية أن تلعب أدوارها عندما تنكشف الشواطئ

أثناء حدوث الجزر وانحسار مياه البحر، كما تبرز أهميته أيضا فى تحديد ما يعرف بالنطاقية الحيوية biological zonation على السواحل، ففى حالة المد والجزر نصف اليومي تكون الفترة الجافة دائماً أقل من ١٢ ساعة، بينما تزداد هذه الفترة فى حالة المد اليومى والمختلط خاصة فى الأجزاء المرتفعة من النطاقات المدية (شكل ١٦).



شكل رقم (١٦) أنواع المد

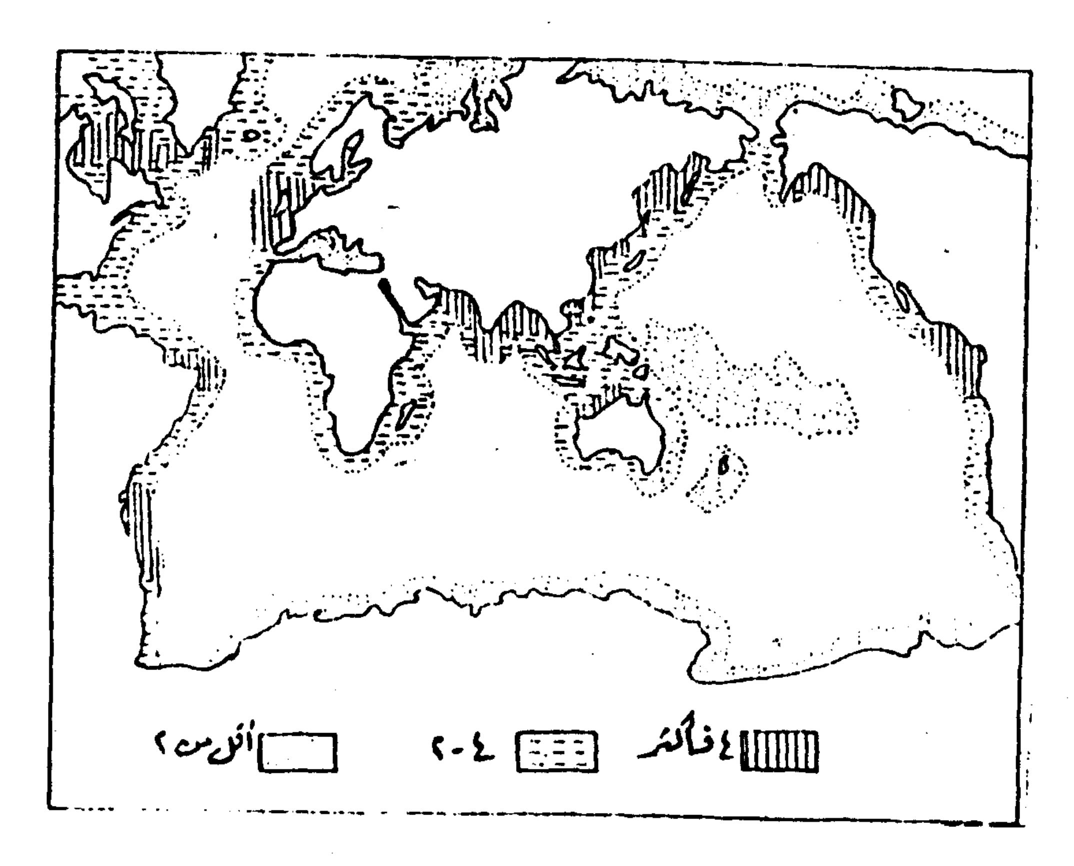
كذلك تبرز أهمية أنواع المد أنواع في تأثيرها على كثافة التيارات المدية tidal currents والتى تظهر أكثر وضوحاً مع النوع نصف اليومى؛ وذلك لأن الوقت المتاح لحركة الماء يكون أطول.

جـ ـ الفارق المدى Tidal Range:

يعد الفارق المدى من الخصائص الهامة لظاهرة المد والجزر ويظهر من الشكل رقم (١٧). توزيع الفارق المدى على سواحل العالم المختلفة مقاساً بالأمتار (أثناء المد الربيعى) مع الأخذ فى الاعتبار أن هناك نوعا من التعميم بسبب التوزيع العالمى

وصغـر مقيـاس الرسم واختلاف درجـة القياس من منـطقة ساحليـة إلى أخرى. ويلاحظ من الخريطة بالشكل السابق أن الفارق من مترين فأقل يسود على السواحل المحيطيـة المفتوحـه، بينما يزداد مع السواحل التى يسـود فيهـا النوع نصف اليومى وكذلك فى الخلجان الضيقة Funnel shaped embay ment حيث يصل إلى أقصى قيمـة له فى المصبات الخليـجية estuaries . ويظهر الفارق المدى اختـلافات كبيرة حيث تظهر اهتزازات وذبذبات مخلية، وعندما تنطبق فترة الاهتزاز seiche - peri- od تقريباً مع المد يتـولد فارق متسع مثلـما الحال فى خليج فندى Bay of Fundy بشبه جزيرة نوفـاسكوتشيا بكندا حيث يبلغ الفارق المدى به ١٩,٦ مـتر وهو أكبر فارق مدى فى العالم وفى مصب نهر سفرن Severn بإنجلتر يصل الفارق المدى إلى ١٦,١م.

ويكاد يختفى الفارق المدى فى البحار شبه المغلقة مثل البحر المتوسط والبحر الأحـمر والـبلطى، وإن ظهـرت حركـات مـؤقتـة لماء البـحـر ترجع إلى ظروف متيورولوجية محلية.



شكل رقم (١٧) الفارق المدى على سواحل القارات

وجدير بالذكـر أن البحر المتـوسط يعد من أقل البحـار فى العالم تأثراً بالمد حيث لا يكاد يصل فيه المد إلى ٤, من المتـر فى المتوسط، وقد كان ذلك من أهم العوامل التـى ساعدت كـثيراً فى تكوين الـدالات النهرية للعديد مـن الأنهار التى تصب فيه مثل دلتا نهر النيل ودلتا البو والرون وغيرها.

وقد اتضح من الدراسات الحديثة أهمية الفـارق الرأسى للمد والجزر كمتغير جغرافى يؤثر على تطور السواحل فهو يؤثر فى تطور أرصفة الشاطئ Shore plat-forms والبـلاجات والخلجـان الساحليـة. كمـا أنه عامل رئيـسى فى تحديـد قوة التيارات المدية. ومع أن الفارق المدى لا يزيد على نصف المتر وسط المحيطات لكنه يزداد ارتفاعاً فى المياه الشاطئية الضحلة والخلجان.

د ـ مناطق التأثير الرئيسية بالمد والجزر على طول سواحل العالم:

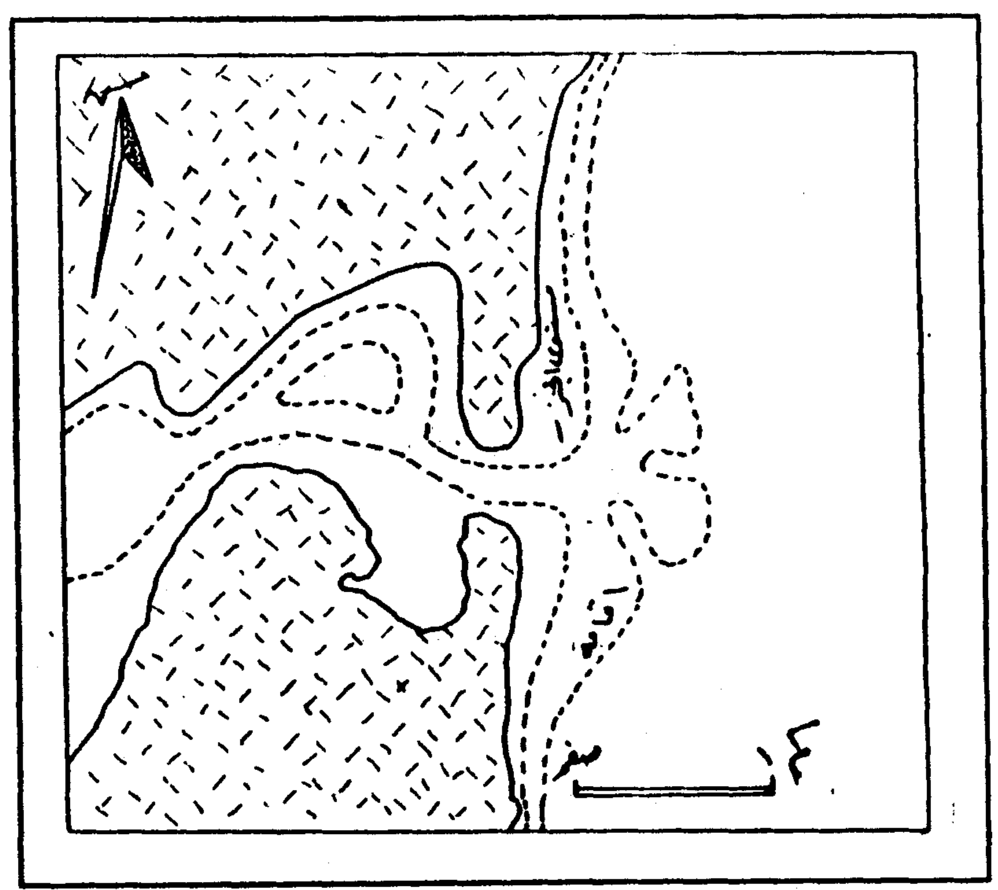
من سواحل الفارق المدى الكبير سـواحل خليج فندى والذى سبق ذكره آنفا حـيث يوجد به أكـبـر مد ربـيعى فى العـالم (١٩,١) وخليج سـانت مـيتـشل St.Michel.Bay بشبه جزيرة بريتنى بفرنسا (١٦,١م).

والواقع أن شكل الخلجان وطبيعة شواطئـها تساعد فى اتساع الفارق المدى، فمع اقتراب الجبهة المدية tidal front من الخليج أو الشرم الساحلى فـإنها تضيق نسبيا وتتـقلص حركتها بواسطة الشواطئ المحيطة بهـا وبالتالى يزداد ارتفاع الموجة المدية.

ومن المناطق ذات الـفـارق المدى الكبـيـر قناة بريسـتـول (١٢م) والقنال الإنجليزى. ويعد خليج تشيسـابيك بالولايات المتحدة من المناطق القليلة التى يظهر بها نمط الموجة المدية بصـورة مباشرة حيث تتقـدم مياه المد داخل الخليج فى سلسلة من الأمواج تتحرك ببطء نسبى.

كما تحـدث في مياه نهر الأمزون موجـة مدية يصل ارتفاعها إلى ستـة أمتار ويساعد على ارتفـاعها تقابل المياه القادمـة من البحر مع المياه المتدفـقة إليه بواسطة النهر مثلمـا الحال فى مصب نهر سيفـرن. وكثيرا ما تمتد مـياه المد داخل المجارى الدنيا للأنهار لمسافات تصل إلى نحو ٨٠ كيلو مـتر كما هو الحال فى نهر الأمزون ونهر لابلاتا بالأرجنتين ونهر فيكتوريا بأستراليا.

والواقع أن التباينات فى الفارق المدى من منطقة إلى أخرى له أهميته الكبيرة فى الدراسة الجيومورفولوجية للسواحل حيث يشمل منطقة واسعة (أكثر من ٢٠كم) من المسطحات الرملية والطينية التى تنكشف أثناء الجزر مثلما الحال فى خليج سانت ميتشل بفرنسا، ويوضح الشكل رقم (١٨) دلتا مدية على ساحل نيوساوث ويلز.



(شكل رقم ١٨)

دلتامدية بساحل نيوساوث ويلز

وقد يزداد اتساع المستنقعات ويزداد تطورها على طول السواحل المحمية ذات الفارق المدى الكبير. وفى حالة سواحل الفارق المدى الصغير نجد أن طاقة الموجة تتركز بثبات على مواضع محدودة مما يؤدى إلى سهولة نحت الجروف وإعاقة نمو وتطور السبخات والملاحات الساحلية .

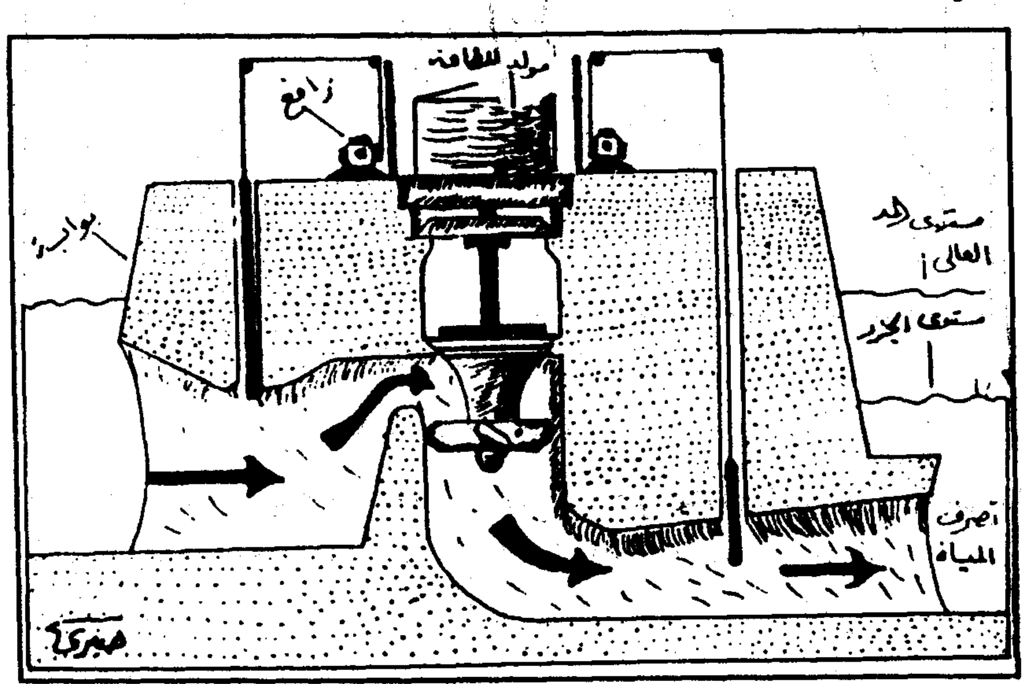
هـ - الطاقة المدية Tidal - Power:

الواقع أن فكرة توليد الطاقة الكهربية من عمليتى المد والجزر بدأت منذ فترة زمنية طويلة. ويمكن توضيحها بسهولة لو افترضنا وجود خليج ضيق ينفصل عن

البحر بسد اصطناعى له فتحات Sluice - gates تسمح بامتلائه تماما بالماء، ومع غلق هذه الفتحات أثناء حدوث المد المرتفع فإن الماء يصبح قادر على تحريك التوربينات الخاصة بتوليد الكهرباء والمقامة بالخليج.

ولا يوجد على مستوى العالم مشروعات لتوليد الكهرباء المدية وذلك حتى سنة ١٩٨٣ باستثناء الآتى السوفيتى (سابقا) وفرنسا، ويوجد المشروع الفرنسى فى لارانس Larance شمالى غربى فرنسا، وتبلغ الطاقة الكهربية المولدة من هذا المشروع ٦٥ ميجاوات سنويا وقد أنشئ سنة ١٩٦٧ وقد أظهرت التجربة الفرنسية أن الطاقة المدية يمكن أن توفر الوقود الذى يستخدم فى محطات الطاقة التقليدية، وأن من عيوبه عدم الانتظام فى توليد الكهرباء.

وهناك مشروعات أخرى مشابهة فى طريقها للتنفيذ فى خليجى فندى بكندا وسيفرن بإنجلترا، كما أظهرت الدراسات إمكانية إنشاء مشروع أضخم من المشروع الفرنسى وأكثر تعقيداً وذلك على قناة بريستول بإنجلترا يتوقع أن يمد بريطانيا بنحو ١٢٪ من حاجتها من الطاقة الكهربية. ويوضح الشكل (١٩) تصميم حديث لمولد طاقة مدية.



(شكل رقم ١٩)

تصميم حديث لمولد طاقة مدية

ومن مثالب مشروعات الطاقة المدية تقطع عمليات توليد الكهرباء إلى جانب أن الكثير من سواحل المد المرتفع فى العالم توجد فى مناطق منعزلة عن المعمور مما يجعل الإنتاج غير اقتصادى.

وجدير بالذكر أنه تُوجد طريقة أخرى لتوليد الطاقة عن طريق استخدام الطاقة الحركية kientic energy للمد بجانب الطاقة الكامنة بها وخاصة فى مناطق حدوث التيارات المدية والتى تعرف بالأنهار المدية tidal streams والتى تظهر فى الخرائط البحرية وجداول المد والجزر.

و ـ المد والجزر الداخلى : Internal Tide

يقصد بالمد والجزر الداخلى تلك الأمواج التى تتولد تحت مستوى سطح البحر مرتبطة فى تولدها بالدورة المدية tidal periodity.

وقد يتولد المد الداخلى عن طريق تسطح المياه الساحلية بقوة مما يؤدى إلى تولد مد وجزر سطحي وداخلي بشكل مباشر، أو قد يتولد نتيجة لمرور مياه المد السطحى على أشكال طوبوغرافية حادة توجد بمناطق الرفارف القارية مثل الحافات الغارقة وغيرها.

ويمكن قياس أمواج المد الداخلى بأجهزة قياس خاصة يمكن استخدامها فى الأعماق.

وجدير بالذكر أنه حتى الآن لا توجد طريقة دقيقة تميز بين سرعة المد والجزر السطحى عن الداخلى وإن كانت تتولد تيارات قوية عندما يصطدم مياه المد بخانق بحرى Submarine carnyo عميق فى الرفرف القارى يمتد في كثير من الأحوال حتى خط الشاطئ. وعندما تتوغل موجة مدية داخلية أوتيار مدى داخلى في خانق غارق (وذلك عندما يكون الماء مسطحا) فإن الجزء من المد الداخلى خارج الخانق يولد قوة تضاف إلى مياه المد الداخلى داخل الخانق ذاته. وهذه بدورها تولد تيارات قوية عادة ما تكون مصدر خطر على خطوط الأنابيب الممتدة تحت سطح الماء (Beer.T.,1980,P 80).

ز ـ حركة المد والجزر بالبحر الأحمر كمثال للبحار الضيقة

يقتصر تأثيرها عند حدوث المد المرتفع حيث تتجمع المياه بقوة فى الخلجان الضيقة، وينجم عن ذلك ارتطامها بشدة بصخور الساحل المجاور، وتكوين الأمواج المرتفعة حيث تنقل الرواسب الصخرية نحو البحر.

وظاهرة المد والجزر فى البحر الأحمر أكثر وضوحا منها فى البحر المتوسط. وإن كانت تصل أقصاها فى خليج السويس لضيقه وامتداده الطولى، وتتميز هنا عن البحار الواسعة والأحواض المحيطية لتفاوت مداها وأوقات حدوثها ويرجع ذلك لضيقه وامتداده الطولى [1] وتفاوت أعماقه وضعف اتصاله بالبحار والمحيطات وتأثره بالموجات المدية القادمة من المحيط الهندى عبر مضيق باب المندب.

ويزداد الفارق المدى بالبحر الأحمر بالاتجاه شمالاً فيصل فى منطقة بورتوفيق ١٤٥سم وعند جزر الأشرفى أمام رأس جمسة ٩٨سم ونحو ١٦سم عند جزيرة شدوان.

وتغطى مياه المد المرتفع الشطوط المرجانية وتساعد على تراكم المفتتات على السواحل المنخفضة بمعظم الجزر الساحلية.

ح ـ التيارات المدية Tidal Currents.

هذه التيارات من نتاج عمليتى المد والجزر وعلى ذلك تكون آثارها مؤقتة أو دورية، ونادرا ما تزيد سرعتها فى المياه المحيطية العميقة على ٣,٢ كيلو متر فى الساعة، ولكن عندما يتحول التيار المدى إلى مجرى مدى فى الخلجان والممرات البحرية الضيقة بين الجزر أو فى المصبات الخليجية والبحيرات الساحلية فإنها تقوى، وقد تزيد سرعتها محليا وبصورة استثنائية مؤقتة إلى ٦٦ كيلو متر فى الساعة، وترتبط سرعة التيارات المدية بالفارق المدى، وعادة ما تتولد التيارات الأقوى فى مناطق المد المرتفع مثل الساحل الشمالى الغربى لفرنسا حيث تصل سرعة التيار المدى إلى ١٦ كيلو متر فى الساعة.

---

(١) يبدو كحوض صندوقى متوسط اتساعه ٢٧٠ كم وطوله أكثر من ١٨٠٠ كم.

وتتباين التيارات (حيث الفارق المدى الكبير) وتكون أقل قوة فى حالة المد والجزر اليومى حيث يقل الفارق المدى. ويقتصر أثر التيارات المدية على مناطق السواحل التى يقل بها أثر المد على الممرات الممتدة بين الجزر وحول النتوءات وفى الشروم ويظهر فوقها شطوط ملتوية فى شكل حرف S.

وقد تؤدى الذبذبات المدية (أمام خط الشاطئ إلى وجود تيارات ممتدة بموازاة الشاطئ long shore currents مثلما الحال على ساحل نورفلك بأستراليا (يراجع بالتفصيل صبرى محسوب ١٩٩١ ص٧٥ - ٨٣).

* * *



الفصل السادس



التيارات المحيطية

● مقدمة

التيارات المحيطية عبارة عن حركة إزاحة أفـقية عامة للمياه السطحية فى اتجاه مـحدد تحت ظروف وقوى مـختلفـة مثل الرياح وقوى الجـاذبية وتباين الكثافة النوعية لمياه المحـيطات وغير ذلك. وهذه التيارات المحيطية الحقيقـية ليست ذات شأن كبير بالـنسبة للتعرية الساحلية باسـتثناء تأثيرها على الظروف الأيكولوجية ecological - conditions قرب السواحل بما تأتى به من مياه أدفأ أو أبرد من مياه السـاحل القادمة إليه وبالتالى تلعب دورا كبـيراً نسـبياً فى توزيع الشـعاب المرجـانية ونباتات المسـتنقعـات وغابات المانجروف الساحلية.

١ ـ العوامل المسببة للتيارات المحيطية:

تتمثل أهم هذه العوامل فيما يلى:

أ ـ العوامل المناخية وأهمها الضغط الجوى والرياح:

ـ الضغط الجوى: يعتبر سطح البحر بمثابة البارومتر الذى يعكس حالات الطقس فى صورة اختـلافات فى المنسوب وحركة سطحيـة للماء. وبقدر بأن أى تغير فـى الضغط البارومترى قـدره بوصة واحدة يقابله تـغير فى مستـوى سطح البحر بنحو ١٣ بـوصة. وعموماً فـإن المناطق من المحيط التى يسودها ضغط مرتفع ينخـفض منسوب الماء بها والعكس مع المناطق ذات الضغط الجوى المرتفع (Sharma,R.C and Vatal,M,p 238).

ووفقا لـبراودمان (Proudman,P38) فـإنه بسـبب الاختـلافـات فى الضغط الجوى فإن سطح البحرلا يمكن أن يكون فى مستوى واحد.

ـ الرياح: ترتبط التـيارات المحيطيـة ارتباطا وثيـقا بالرياح السطحـية الدائمة ودورتها الثـابتة، حيث تعد الرياح أهم العوامل قاطبـة فى التأثير على التيارات المحيطية، وتتضح تلك الحقيقة من خلال المقارنة بين خريطة

توزيع التيارات المحيطيـة وخريطة الرياح الدائمة والتى يمكن أن ندرك منها التوافق الشديد بينهما فى نصفى الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى. فعلى كلا جانبى خط الاستـواء تعمل الرياح التجارية trade winds على إزاحة وتحريك الميـاه من الجوانب الشرقيـة للمحيطات فى اتجـاه الجنوب الغربى والغرب بحيث تمتد فى شكل تيار استـوائى شمالى وتيار استوائى جنوبى ممتدان فى موازاة خط الاستواء نحو الغرب ثم يصطدمان باليابس ويغيران اتجاههما بعد ذلك نحو الجنوب ونحـو الشمال ثم يتأثرا بعد ذلك بالرياح العكسية الغربية Westerlies ليتجها نحو الشمال الشرقى والجنوب الشرقى على التوالى (شكل رقم ١٦) كما سيتضح ذلك بالتفصيل فيما بعد.

قوة كوريولى The Coriolis Force

ويقصـد بها القوة أو الأثر الذى يؤدى إلى الانحـراف بسبب دوران الأرض. وهذه القـوة لها أثرها علـى كل الأشيـاء الموجودة فـوق سطح الأرض. ولكن من وجهة النظر الأوقيانوغرافيـة فإن آثارها الرئيسية تتمثل على الرياح والتيـارات المحيطية، حيث تنحرف التـيارات فى نصف الكرة الشمالى على يمين اتجاهها وعلى يسار اتجاهها فى نصف الكرة الجنوبى.

وجدير بالذكر أن درجة الانحراف تخـتلف باختلاف درجة العرض حـيث يكون التناسب بينهـما طردياً، مع زيادة الانحـراف بالاتجاه نحـو القطبين ولا يظهر أى أثر للانحراف deflection عند خط الإستواء.

قوة الجاذبية:

من الحقائق أن أى جسم على سطح الأرض أو قـريباً منه يتأثر بقوة الجاذبية الأرضية وبالتالى فإنها مـسئولة عن جذب مياه الأحواض المحيطية نحو نطاقها المـركزى، كما أن قوة وتأثير الجاذبيـة فى تحريك الكتل المائية يختلف من خط عرض إلى آخـر كما يختلف أيضاً مع العمـق، وعموما

(١) يرجع هذا المصطلـح إلى الرياضى الفـرنسى Gaspard corioilis الذى كـان أول من حلل هذه القـوة بالطرق الرياضية اواخر القرن التاسع عشر

تزداد فعالية الجاذبية نحو القطبين وتزداد كذلك نحو الأعماق. يؤدى هذا الاختلاف فى درجة الجاذبية إلى التأثير على اتجاهات التيارات المحيطية التى عادة ما تكون نحو الجزء المرذزى من الأرض.

اختلاف درجة حرارة المياه واختلاف كثافتها:

كما هو معروف فإن توزيع الحرارة بالمياه السطحية يرتبط بالموقع الفلكى وإن كان أكثر تعقيداً بالمقارنة بتوزيع الحرارة على اليابس بسبب تباين ظروف الإشعاع الشمسى ودرجة حرارة الهواء وحركات المياه وغيرها، ولكن على الرغم من كل ذلك فهناك علاقة واضحة بين توزيع الحرارة وبين خطوط العرض، ويقدر بأن المتوسط السنوى للحرارة يتراوح ما بين أكثر من ٢٧ درجة مئوية إلى نحو - ١,٧م وهذا التباين الحرارى يؤدى بالتالى إلى التبادل المائى من المياه الباردة الأكبر فى كثافتها النوعية إلى المياه الأدفأ والأقل كثافة. كما أن هذا التبادل المائى الأفقى يقابله تبادل مائى رأسى أكثر وضوحاً كما سيتضح ذلك فيما بعد.

وهناك عوامل أخرى تؤثر فى حركة التيارات المحيطية وفى تعديل مساراتها تتمثل فى الكتل اليابسة وشكل السواحل وتناثر الجزر المحيطية واختلاف مناسيب سطح البحر حيث تنخفض فى المناطق الحارة التى يزداد فيها معدل التبخر مما يؤدى إلى تحرك المياه من المناطق ذات المناسيب الأعلى إلى تلك المناطق المنخفضة المنسوب.

٢ - التيارات المحيطية واتجاهات تحركها:

أ - التيارات بالمحيط الهادى: يعد التيار الاستوائى الشمالى بالمحيط الهادى أكبر التيارات المتجهة غربا [١] على سطح الكرة الأرضية حيث يمتد من برزخ بنما حتى الفلبين بشكل متصل لمسافة ١٤,٥٠٠ كيلو متر وعندما يصل فى النهاية إلى جزر غرب المحيط الهادى يجنح نحو الشمال ليتحول إلى ما يعرف باسم تيار اليابان والمعروف أيضاً باسم كوروشيو Kursohio أو التيار الأسود بسبب لونه الأزرق الداكن، وهو يعد مناظرا

(١) يمتد عند درجة عرض ٥ شمالا.

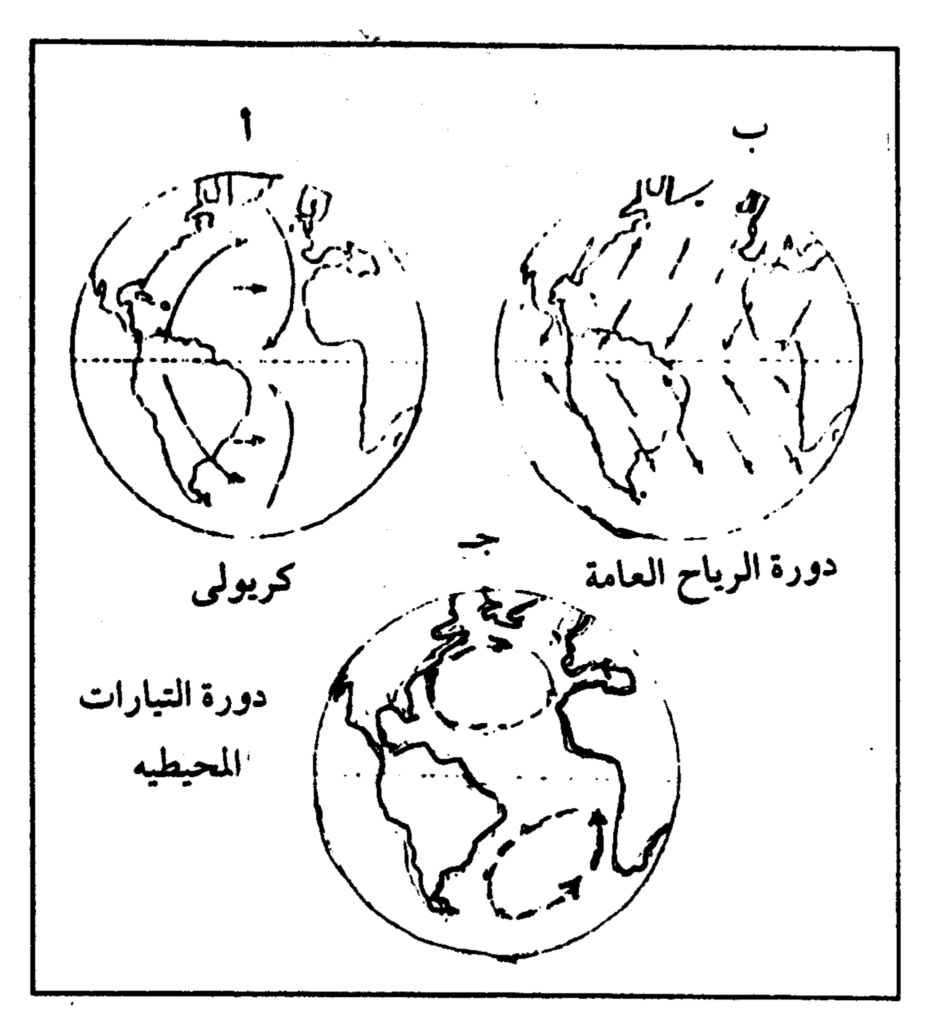
لتيار الخليج بالمحيط الأطلنطى حيث يحمل معه الدفء إلى سواحل اليابان وإن كان يختلف، عن تيار الخليج فى ضعف تأثيره بسبب بطء حركته نسبيا وضيقه وإلى الشرق من جزر اليابان يمتد تيار كوروشيو باسم تيار الباسيفيكى الشمالى إلى أن يقابل تيار أوياشيا oyashia شديد البرودة القادم من مضيق برنج فيجبر على الانحراف شمالاً بشرق عند ٥٢ درجة شمالا ويتداخل مع المياه الشمالية الباردة ثم يستمر فى مساره ليصل إلى الساحل الغربى لأمريكا الشمالية باسم تيار كاليفورنيا البارد وباتجاهه جنوبا يتصل بالتيار الاستوائى الشمالى ليكمل بذلك الدورة المائية بالنصف الشمالى من المحيط الهادى (١).

وفى المحيط الهادى الجنوبى يمتد التيار الجنوبى وهو أقل وضوحا وحجما بالمقارنة بالتيار الاستوائى الشمالى وذلك بسبب مروره على العديد من الجزر المتناثرة فى اتجاهه غرباً إلى أن يصطدم بالساحل الشمالى الشرقى لأستراليا ويرتد منه جزء ينضم للجزء المرتد، من التيار الشمالى ويتجهان كتيار واحد مرتد نحو الشرق فيما يعرف بالتيار الاستوائى المرتد، أما الجزء الأكبر من مياه التيار الجنوبى فيتجه جنوبا باسم تيار شرق أستراليا الدافئ حتى خط عرض ٤٢ درجة جنوبا وبعد ذلك يغير اتجاهه بتأثير الرياح العكسية الشمالية الغربية ويلتحم ببعض التيارات القطبية القادمة من الجنوب ويتجه شرقا إلى أن يصطدم بالطرف الجنوبى الغربى من أمريكا الجنوبية فينحرف الجزء الأكبر منه على طول الساحل الغربى باسم همبولت أو تيار بيرو البارد والذى يعد من أكثر التيارات بالمحيط الهادى أهمية نظرا للتغييرات البيئية التى يسببها على طول سواحل شيلى وبيرو (٢). وعندما يقترب من خط الاستواء يلتحم بالتيار الاستوائى الجنوبى ليتمم الدورة المائية التى تمتد فى اتجاه مضاد لعقارب الساعة فى النصف الجنوبى من المحيط الهادى (شكل رقم ٢٠).

---

(١) هناك فرع آخر يتجه شمالاً نحو الاسكا وجزر الوسيان وهو هنا دافئ نسبيا يطلق عليه تيار الاسكا الدافئ.

(٢) يتميز باتساعه وبرودته وتنتهى معظم مياهه بالتيار الاستوائى الجنوبى



شكل رقم (٢٠) دورة الرياح العامة وأثر كريوى ودورة التيارات المحيطية

ب ـ التيارات بالمحيط الأطلنطى:

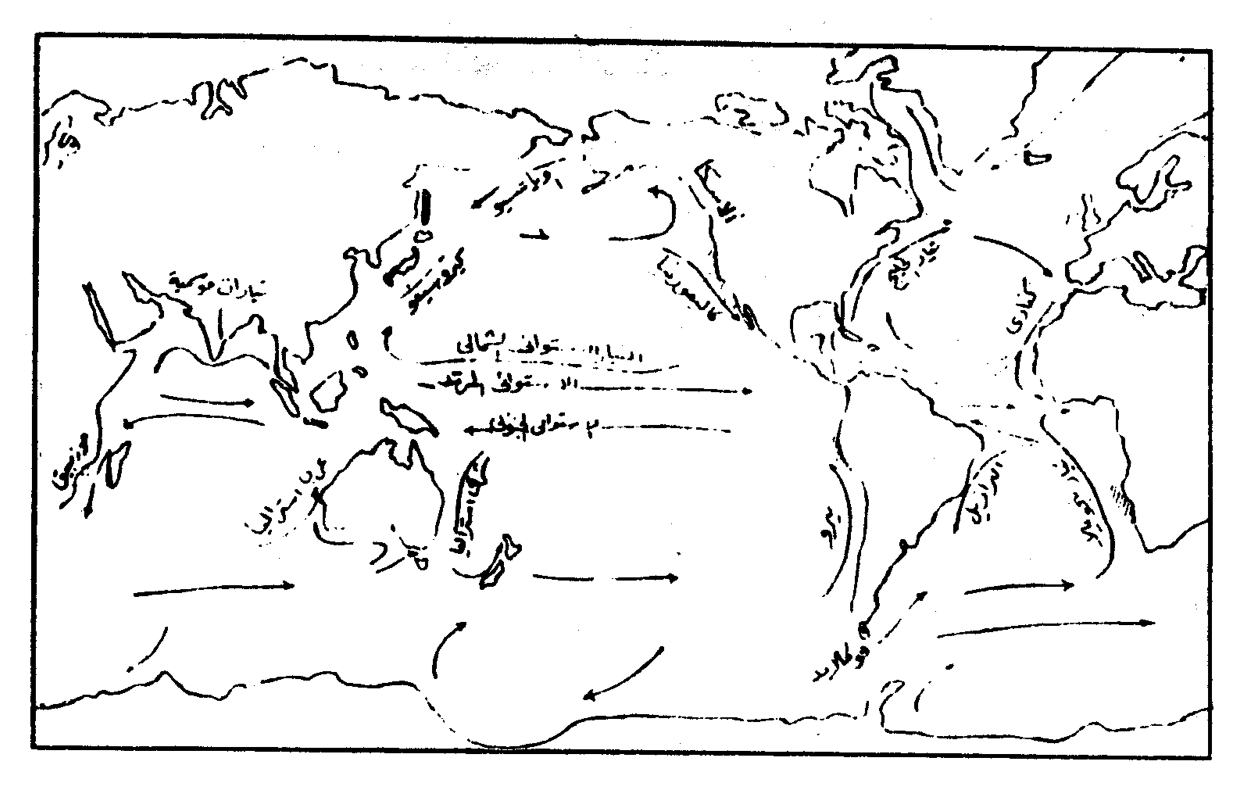
يتجه التيار الاستوائى الشمالى بالمحيط الأطلنطى نحو الغرب إلى أن يصل إلى جزر الهند الغربية وعندها يتفرع إلى فرعين أحدهما يتجه نحو الشمال، بينما الثانى (تيار الكاريبى) يندفع نحو خليج المكسيك حيث يزداد دفئا وحجما ويخرج بعد ذلك من مضيق فلوريدا باسم تيارالخليج وهو أكبر تيارات المحيط الأطلنطى وأعظمها ـ تبلغ حرارة مائه ٢٧ درجة مئوية تقل إلى عشر درجات عند سواحل نيوفوندلاند ويبلغ عرضه نحو ٧٥ كم وعمقه ٦٥٠ مترا وتكون سرعته قرب شبه جزيرة فلوريدا نحو سبعة كيلو مترات فى الساعة ـ ويرجع ذلك إلى قوة اندفاع المياه القادمة من خليج المكسيك (طريح شرف، . ص ١٨٤). ويقدرحجم ماءه عند

شبه جزيرة فلوريدا قدر كمية كل أنهار العالم ٢٥ مرة وعندما يخرج من مضيق فلوريدا يتجه نحو الشمال على طول الساحل الشرقى للولايات المتحدة ويتميز على طول امتداده فى هذا الجزء بكثرة دواماته المائية وعندما يصل إلى سواحل نيوفوندلاند يلتقى متأثراً بالرياح العكسية الجنوبية الغربية وبدوران الأرض. وعندما يقابل سواحل بريطانيا وغرب أوروبا ينقسم إلى قسمين كبيرين أحدهما يتجه نحو الجنوب على طول سواحل غرب فرنسا وإيبيريا ثم الساحل الشمالى الغربى لأفريقيا ويعرف هنا باسم تيار كناريا البارد الذى يستمر فى جريانه حتى خط عرض ٩٥ شمالا تقريبا ليلتحم بالتيارالاستوائى الشمالى، أما القسم الثانى من تيار الخليج فيمتد فيما بين جزيرة أيسلنده والجزر البريطانية ويستمر حتى سواحل النرويج ويلتحم فى هذه العروض الباردة بالتيارات القطبية الباردة.

أما التيار الاستوائى الجنوبى بالمحيط الأطلنطى فيتجه كذلك نحو الغرب ليصطدم بساحل البرازيل الشمالى الشرقى ويرتد منه جزء نحو الشرق منضماً للجزء المرتد من التيار الاستوائى الشمالى ويعرفان بالتيار الاستوائى الرجعى، أما الجزء الأعظم من التيار الاستوائى الجنوبى فينحرف مع الساحل البرازيلى نحو الجنوب متخذا اسم تيار البرازيل الدافئ ويستمر فى تحركه حتى خط عرض ٤٠ درجة جنوبا وبعد ذلك يغير اتجاهه نحو الشرق بعد مقابلته لتيار فوكلند البارد وعندما يصطدم بالطرف الجنوبى الغربى لأفريقيا ويأخذ اسم تيار بنجويلا البارد يستمر شمالاً إلى أن يلتقى بالتيار الاستوائى الجنوبى ويلتحم به وبذلك تتم الدورة المائية فى النصف الجنوبى من المحيط الأطلنطى (شكل رقم ٢١).

جـ - تيارات المحيط الهندى:

تتميز التيارات المحيطية إلى الشمال من خط الاستواء بتغير اتجاهاتها مع تغير الفصول، حيث تسير تيارات البحر العربى وخليج البنغال حسب اتجاه الرياح السائدة، ففى الفترة من أغسطس حتى أكتوبر نجد أن الرياح الموسمية الغربية تسوق التيار الرئيسى هنا نحو الشرق. ولكن أثناء الشتاء فإن الموسميات الشتوية تؤدى إلى تغيير اتجاهه وتشكيل تيار رئيسى يتجه نحو الغرب من جزر اندامان حتى سواحل الصومال.



شكل رقم (٢١)
التيارات المائية المحيطية

أما بالنسبة للتيارات بالمحيط الهندى جنوب خط الاستواء، فيوجد تيار غرب أستراليا البارد المتجه على طول الساحل الأسترالى الغربى نحو الشمال إلى أن يلتقى بالتيار الاستوائى الجنوبى الذى يتجه غربا حتى جزيرة مدغشقر وعندها يتفرع منه فرع رئيسى يتجه من خط عرض ١٠ درجة جنوبا حتى خط عرض ٣٠ درجة جنوباً فى موازاة ساحل شرق أفريقيا ويعرف هنا باسم تيار موزمبيق ويطلق عليه إلى الجنوب من خط عرض ٣٠ درجة جنوبا اسم أجولهاس Agulhas وهو تيار معتدل ينحرف بعد ذلك ناحية الشرق ثم يندمج مع التيار القطبى الجنوبى إلى أن يصطدم جزء منه بالطرف الجنوبى الغربى من أستراليا مكوناً تيار غرب أستراليا سابق الذكر (شكل ٢١).

د ـ التيارات بالمحيط المتجمد الشمالى Arctic Ocean :

تتميـز التيارات المحيطيـة هنا بجرفها لكتل الجليـد وتظهر هنا ثلاثة تيـارات رئيسـية يتكون إحـداها عند مضـيق برنج ويتحـرك عبـر القطب الشمالى يمتد منه أحد الفـروع الرئيسية متجهاً نحو جـزيرة إلسيمير وعند هذه الجزيرة يتجه التـيار الرئيسى نحو جزيرة جرينلند. والتـيار الثانى يمتد فى بحر بيفورت Beaufort - Sea متحركاً فى شكل دائرى مع اتجاه عقارب الساعة بما يحمل من تدفقات جليدية بطيئة الحركة ice - flows. أما التيار الثالث فينقسم إلى عدد من التيارات الفرعية على طول الساحل السيبيرى الشمالى. وأحد هذه التيارات الفرعيـة يتحرك نحو بحر جرينلند ويلتحم بالتيار القادم من مضيق برنج Berin Strait[1].

هـ ـ التيارات ببعض البحار الرئيسية:

التيارات بالبحر المتوسط: توجد تيارات مـائية بالبحر المتـوسط تتأثر بعدة عوامل تتمثل فى ارتفاع درجة حرارة مـياهه بالمقارنة بمياه المحيطات بصفة عامة (١٣ درجة مئوية فى المتوسط) إلى جانب ازدياد كثافة الماء السطحى بسبب زيادة الملوحة الناتجة عن التبخر مما يؤدى إلى حدوث تيارات الحمل Convectional Currents أى تقليب الماء (جودة، ١٩٨٢، ص٢٢٦) كما أن اتصال البحر المتوسط بالمحيط الأطلنطى عبر مضيق جبل طارق لعب دورا أساسيـا فى التبادل المائى بينهما وتعـويض البحر المتوسط عمـا يفقده من مياه بالبـحر إلى جانب ذلك تلعب ميـاه الأمطار وما يصله عبر مـضيقى البوسـفور والدردنيل من مـياه قادمـة من البحـر الأسود دوراً كبـيراً فى حدوث دورة عامة تتحـرك بمقتضاها المياه السطحية فى اتجـاه مضاد لحركة عقارب الساعة.

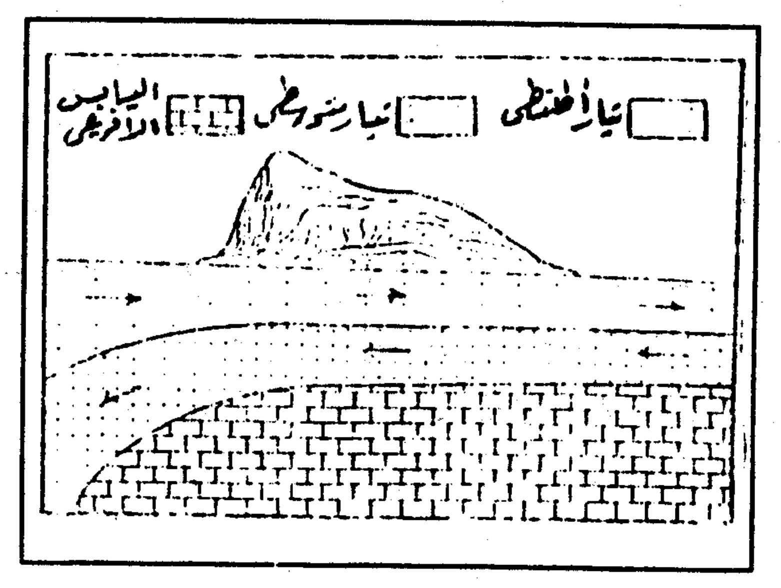
وتدخل مياه المحيط الأطلنطى البحر المتوسط عبر مضيق جبل طارق فى شكل تيار مائى قـوى وخاصة على الجانب الشمـالى من المضيق تبلغ

---

(١) الواقع أن الجليد الذائب يلعب دوراً هاماً فى إحداث التيارات بالمناطق القطبية على سبيل المثال تيار شرق جرينلند

سرعته خمسة كيلو مترات بعمق يتراوح ما بين ٥٠ إلى ١٠٠ متر، ويستمر هذا التيار نحو الشرق على طول الساحل الأفريقى الشمالى مع تناقص تدريجى فى سرعته وعند أقصى نقطة شرقية من الساحل السيناوى يتجه شمالاً بموازاة الساحل الشرقى للبحر المتوسط ثم غربا على طول الساحل الجنوبى لتركيا ويستمر فى اتجاهه العام متأثراً باتجاهات سواحل أوروبا الجنوبية حيث نجده يتحرك من الجنوب إلى الشمال أمام السواحل الغربية لأشباه الجزر الأوروبية ومن الشمال إلى الجنوب أمام السواحل الشرقية لها.

وهناك تيار سفلى يخرج من البحر المتوسط عبر مضيق جبل طارق تجاه المحيط الأطلنطى، ويظهر هذا التيار على أعماق تتراوح ما بين ١٠٠ إلى ٢٠٠ متر. (شكل ٢٢) وقد أمكن تتبع مياهه أمام سواحل البرتغال وغرباً حتى جزر الأزور وسواحل المغرب الأطلنطية.



شكل (٢٢) التيارات المائية بين الأطلنطى والمتوسطى عبر جبل طارق

وقد لعبت التيارات بالبحر المتوسط دورها فى التأثير على نشأة الموانئ الهامة القريبة من مصبات الأنهار حيث توجد هذه الموانئ فى الجانب الذى لا يتأثر برواسب تلك الأنهار - والتى تحملها التيار البحرى فنجد على سبيل المثال أن مرسيليا أنشئت إلى الشرق من مصب نهر الرون وسالونيكا إلى الشرق من مصب الواروار والإسكندرية غرب دلتا النيل (طريح شرف، ص ١٩٢).

● **تيارات البحر الأحمر:**

يرتبط تبادل كتل المياه بين البحر الأحمر والمحيط الهندى بالتغيرات الفصلية للرياح السائدة حيث تتدفق المياه شتاء من المحيط إلى البحر مع حدوث تدفق المياه من البحر إلى خليج عدن عبر مضيق باب المندب وفى فصل الصيف تتدفق مياه مالحة سطحية دفيئة صوب الجنوب إلى المحيط بينما تدخل إلى البحر فى هذا الفصل مياه عميقة نوعاً وأقل ملوحة.

والتيارات بالبحر الأحمر تتميز بصفة عامة بعدم انتظامها بسبب ضيقه وتباين الظروف الجغرافية على طول امتداده ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من التيارات المائية بالبحر الأحمر:

● **تيارات المد والجزر:** وتنقسم إلى نوعين تيارات عرضية تتجه من الداخل نحو الساحل والعكس وهى تيارات محلية غير منتظمة، وتيارات طولية تظهر بوضوح فى الجزء الشمالى من الساحل عند رأس جمسة حيث تخترق التيارات المدية الممرات الممتدة بين الجزر والشعاب بمضيق جوبال وتتراوح سرعتها ما بين ٢,٨ و٣,٧كم/ ساعة.

● **التيارات الطولية:** تعتمد أساساً على اتجاه الرياح، ففى فصل الصيف يتجه تيار من البحر المتوسط إلى الأحمر وفى فصل الشتاء (من نوفمبر إلى مارس) تدفع الرياح الموسمية التيارات من خليج عدن إلى البحر الأحمر. وتؤدى هذه التيارات إلى دفع وتراكم المياه وارتفاع مستواها، وتتراوح سرعتها ما بين ٣٢ ـ ٤٨كم/ يوم.

● **التيارات العرضية:** ترجع هذه الأنواع من التيارات إلى حدوث دوامات غير منتظمة قد ترجع إلى هبوب الرياح وهى دوامات رأسية تدور فى اتجاه عقارب الساعة حيث تنتقل المياه السطحية الدافئة فى حركة عرضية نحو الساحل الغربى ثم تتجه نحو الساحل الشرقى فى شكل تيارات قاع (تيارات سفلية) تزداد سرعتها بالاقتراب من الشعاب المرجانية.

٣ ـ الآثار الجغرافية للتيارات المحيطية:

أ ـ أثرها على الظروف المناخية:

تعد التيارات المحيطية من العوامل الهامة المؤثرة فى مناخ المناطق الساحلية التى تمر بجوارها وتختلف أثر التيارات الباردة عن التيارات الدافئة، فالأولى عندما تمر بالسواحل تتسبب فى انخفاض درجات الحرارة بالمقارنة بخطوط العرض الواقعة عليها المدن الساحلية كذلك تتسبب فى زيادة حدة الجفاف بسبب عدم قدرتها على حمل كميات من بخار الماء ولا تبد أية فرصة للتساقط على السواحل المجاورة بسبب تكون الضباب فوقها وخاصة عندما تمر عليها رياح دافئة محملة ببخار الماء الذى يتكاثف فى شكل ضباب قبل وصوله إلى اليابس وكذلك نجد توافقا واضحا بين صحارى العالم المدارية فى غرب القارات ومرور التيارات الباردة على سبيل المثال تيار كناريا البارد والصحراء الكبرى ـ تيار بنجويلا البارد وصحراء ناميبيا وتيار غرب أستراليا البارد وكذلك تيار همبولت humboldt current (بيرو) وصحراء اتكاما، أما التيارات الدافئة فإن مرورها على السواحل تسبب فى ارتفاع درجة حرارتها مثلما الحال على سواحل النرويج والتى ساعد تيار الخليج الدافئ على تدفئتها وفتح موانيها أمام الملاحة شتاء وصيفاً على بحر الشمال وصيفا على المحيط الأطلنطى المتجمد الشمالى. كذلك تعمل التيارات الدافئة على المساعدة فى زيادة بخار الماء فى هوائها بحيث إذا ما توافرت أية ظروف ساعدت على التكاثف يحدث التساقط فى شكل مطر أو فى أشكال أخرى من أشكال التكاثف. وبالنظر إلى خريطة الأمطار فى العالم سنجد أن كل السواحل التى تمر بها تيارات دافئة تتميز بغزارة أمطارها على سبيل المثال سواحل موزمبيق التى يمر بها تيار موزمبيق الدافئ والسواحل الشرقية لليابان التى يمر بها تيار كيروشيو والسواحل الشرقية للولايات المتحدة حيث يمر تيار الخليج الدافئ.

ب ـ تعمل التيارات المحيطية على إعادة توزيع الملوحة والكثافة بمياه البحار والمحيطات، حيث تنتقل المياه المالحة ذات الكثافة النوعية الكبيرة

فى شكل تيارات سفلية إلى المناطق الأقل ملوحة مثل التيارات السفلية القادمة من البحر المتوسط والبحر الأحمر إلى كل من المحيطين الأطلنطى والهندى على التوالى.

جـ - تعمل التيارات المحيطية على إحداث تغيرات كبيرة فى الظروف الأيكولوجية الساحلية، فالسواحل التى تمر بها تيارات باردة يتكون فوقها ضباب كثيف وخاصة عندما تتقابل بتيارات دافئة مما يجعل تلك المناطق الساحلية مرتعا لتجمع الأسماك مثلما الحال أمام سواحل اليابان والساحل الشمالى الشرقى للولايات المتحدة حول جزيرة نيوفوندلاند.

د - تؤثر التيارات المحيطية كذلك فى تشكيل السواحل التى تمر بها حيث تعيد توزيع الرواسب التى تأتى بها الأنهار أو الرياح إلى المياه الشاطئية أو تلك الرواسب الناتجة عن التجوية وفعل الأمواج. على سبيل المثال ما يقوم به التيار المتوسطى الجنوبى من عمليات نحت ونقل للرواسب على الساحل الشمالى لمصر وخاصة الساحل الدلتاوى باتجاه ساحل سيناء الشمالى وكذلك ساحل فلسطين.

وكما ذكر سابقاً فإن العديد من الموانئ ترتبط فى نشأتها بالمواضع التى يقل فيها الإرساب والتى عادة ما تتخير الجانب البعيد عن عمليات الترسيب بفعل التيارات وخاصة إذا ما كانت قرب مصب نهر يأتى برواسب نحو الشقة المائية مثل مصب الرون فى فرنسا وموضع ميناء ليون إلى الشرق منه حيث يأتى التيار من الشرق (طريح شرف، ص ١٩٦).

٤ - الحركة الرأسية للمياه بالمحيطات: يقصد بها التقليب الرأسى للمياه بواسطة تيارات الحمل convection currents، والواقع أن هذه العملية التى تأخذ شكل الدورة الرأسية للماء vertical circulation تنتج بسبب التباينات الرأسية فى الكثافة وتخضع بدورها لقوى الطفو .buoyancy - forces

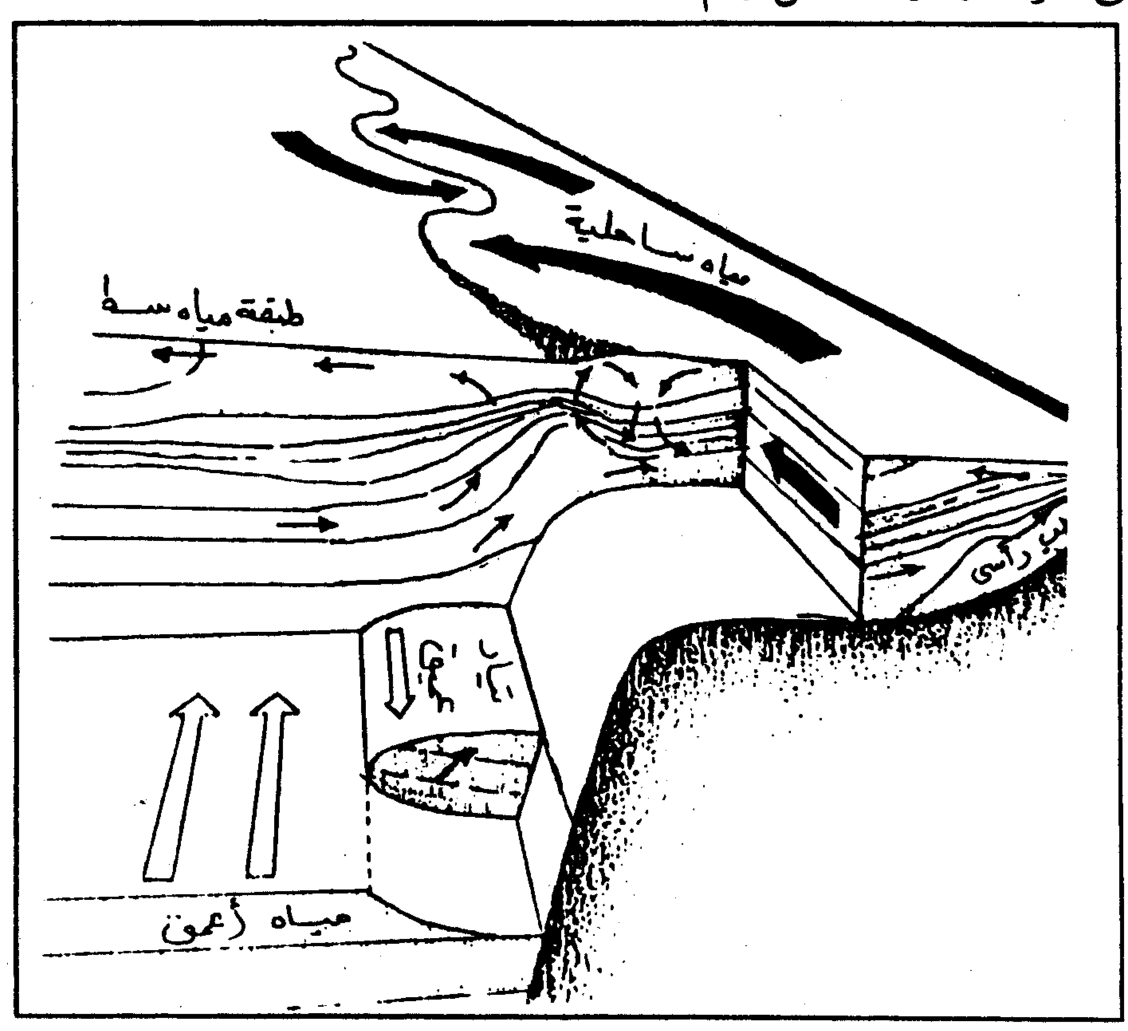
وتحدث هذه العملية عندما يبرد الماء السطحى ويغوص ليحل محله ماء تحت سطحىsubsurface water يبرد بدوره ويغوص وهكذا حتى يستمر التوازن المائى.

ويعرف عمليـة اندفاع الميـاه رأسيـا من القـاع إلى السطح بظاهرة الانبثاق upwelling وهى ظاهرة منتشرة فى مناطق مختلفة من بحار العالم ومحيطاته

- وتتوقف هذه العملية على مجموعة من العوامل يتمثل أهمها فى:

أ - اختـلاف الكثافة النوعـية للماء إمـا بسبب اختـلاف الملوحة أو الحرارة

ب - هبوب رياح من اليابس إلى المـاء تكون قادرة على إزاحة ودفع المياه السطحية بعيداً مما يؤدى إلى صعود المياه تحت السطحية لتحل محلها فى حركة رأسية (شكل رقم ٢٣).



شكل (٢٣)

التقلب الرأسى بتيار بنجويلا مع هبوب رياح تجاه خط الإستواء.

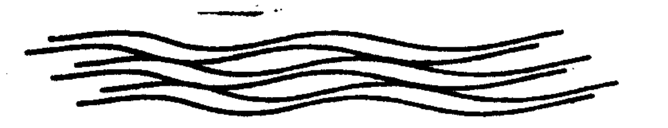
جـ ـ صعود مياه التيارات السفلية أو هبوط مياه التيارات السطحية، على سبيل المثـال نجد أن تيار البرازيل الدافئ عندما يتـحرك نحو الجنوب تزداد برودته وكثافـته مما يجعله يهبط إلى أعـماق سحيـقة قد تزحف فى اتجـاه الجنوب فى شكل تيـارات سفليـة تعلوها مـياه باردة وأقل ملوحـة وكثافة بفعل الجليد الذائب. ويوجد فى شمال كل من المحيطين الأطلنطى والهادى دورة رأسية مماثلة تعـزى إلى نفس الأسباب (شريف، ١٩٦٤، ص٢٠٦).

ومن أشهر التيـارات السفلية التى كشفت الدراسات الحـديثة النقاب عنها تيار كرومويل Cromwell الذى يتحرك شرقاً على عمق يتراوح ما بين ٦٠ ـ ٤٠٠ متـرا أسفل التيار الاسـتوائى بالمحيط الهادى، ويبلغ عـرضه بنحو ٤٠٠٠ كم ويعد من التيارات البـحرية الكبرى. ويوجد كذلك تيارا سفليـاً بالمحيط الأطلنطى يتجه من العـروض القطبية نحو خـط الإستواء على عمق نحـو ٣٠٠٠ متر تحت تيار الخلـيج وحركة توازنية مـعه وتبلغ سـرعـتـه نحـو ١٢ كم/يوم ومـيـاهه شـديدة البـرودة (طريح شـرف، ص١٨٠).

* * *



الفصل السابع



مناطق الرفرف
والمنحدر القارى والقاع

شهد هذا القرن ظهور فرع جديد من الدراسات هو الجيولوجيا البحرية sub-marine geology، ورغم أن هذا العلم ما زال فى طفولته إلا أنه قد زاد من حصيلة العلم فيما يتعلق بطبوغرافية قاع المحيط. وقد كانت الفكرة القديمة أن قيعان المحيطات عبارة عن سهول واسعة ممتدة، ولابد الآن من تعديل هذه الصورة. وقد عملت معظم الدراسات عن قيعان المحيطات بواسطة علماء الإقيانوغرافية بينما عزف عنها الجيولوجيون، غير أن علماء الجيولوجيا قد بدأوا أخيرا يهتمون بهذا اللون من التخصص بدليل ظهور كتابين فى هذا الموضوع أحدهما لشبرد فى سنة ١٩٤٨ وهو «Submarine Geology». كذلك زاد الاهتمام بدراسة جيولوجية قاع البحر بعد الكشف عن البترول في بعض البحار والمحيطات.

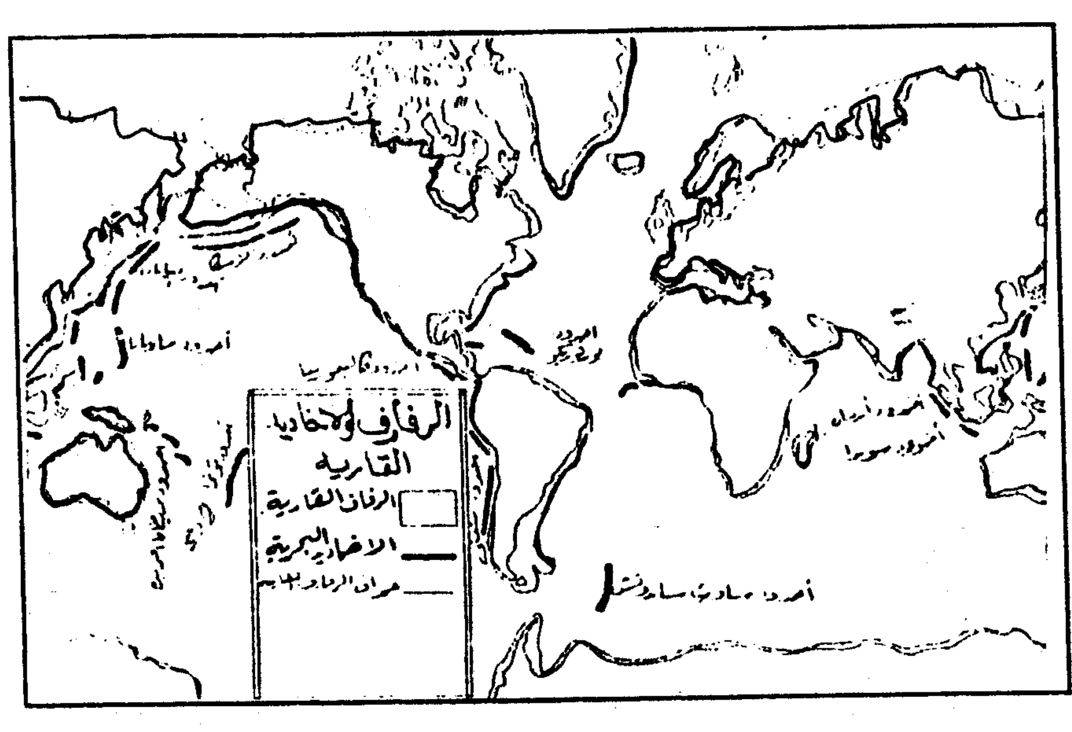
وقد ظلت معلوماتنا عن قاع البحر محدودة طوال الفترة التى كانت تستخدم فيها المجسات الآلية التى كان يستخدم فيها حبل معدنى أو حبل من القنب يدلى إلى قاع البحر. وقد استخدمت هذه الوسائل الصعبة البطيئة فى بعثة السفينة تشالينجر فى أواخر القرن التاسع عشر. ثم جاء عصر استخدام المجسات الصوتية بعد الحرب العالمية الأولى. وقد أصبح من السهل قياس الأعماق بسهولة عن طريق سرعة الصوت من سطح الماء حتى القاع ثم العودة وقد وجد أن هذه السرعة تبلغ فى المتوسط ٤٨٠٠ - ١٦٠٠ م/ث قدم فى الثانية خلال الماء. كذلك اخترعت كاميرا لتصوير قاع المحيط وقد اخترعها الأستاذ إيونج Ewing وهى تصور أفلاماً عادية أو ملونة. وعن طريق هذا التصوير يمكن الحصول على تفاصيل قاع البحر وهل القاع يتكون من صخور صلبة أو رواسب تغطى سطح الصخور؟ كذلك أدخلت تحسينات على وسائل الحصول على عينات من قاع البحر، حتى أنه أمكن إخراج بعض الشعاب التى يصل طولها إلى ٧٠ قدما.

● **مظاهر السطح فى منطقة الرفرف والمنحدر القارى:**

*** الرفرف القارى:**

هناك مدرج قارى continental terrace يقع فيما بين قاع المحيط ذاته وبين اليابس، وهذا المدرج يختلف فى اتساعه من مكان لآخر. ويتكون هذا المدرج من

قسمين قسم مستوى نـ بيا يسـمى الرفرف القارى continental terrac وقسم أكثر انحدار يصل حتى قاع المحـيط ويسمى المنحدر القارى continental Shelf. والمياه فى منطقة الرفـرف القارى ضحلة إذ إن طرفـه من ناحية البحـر يصل إلى عمق لا يزيد عن ٦٠٠ قدم. ويذكـر شبرد أن العمق فى حـافة الرفرف القارى يتـباين بين ٧٢ قامة و ٢٥٠ قامة (شكل رقم ٣٦).



شــكــــل (٣٦)

وهناك تنوع فى مظاهر السطح فى منطقة الرفرف القارى وقد اتضح هذا من الخرائط التفـصيلية التى عملت بواسطة الأسـتاذ مورى (Murray,H.W.,P 1947) لساحل الولايات المتحـدة الأمريكية فى ولاية Maine. فهناك مظاهر سطح ترتفع حوالى ٦٠قدما فوق السطح العام للرفرف القارى وتغطى هذه المظاهر حوالى ٦٠٪ من مسـاحة منـطقة خليج مين. كـذلك توجد أجـزاء تنخفض عن السطح الـعام بحوالـى ٦٠ قدما تغـطى حوالى ٣٥٪ من مـساحة ذلـك الرفرف. ويظهـر عدم الانتظام فى سطح الرفرف القارى فى المناطق المجاورة لجبال التوائية حديثة. أما عن اتساع منطقة الرصيف أو الرفرف القارى فـهى تتراوح بين صفر - ٧٥٠ ميلا، ففى منطقة البحـر الأصفر Yellow إلى الجنوب من شـبـه جزيرة كـوريا يصل اتسـاع

الرفرف القارى إلى ٧٠٠ ميلاً، وكذلك الحال فى منطقة بحر بارنتس على السواحل القطبية لقارة أوروبا. ويقدر شبرد متوسط اتساع الرفرف القارى بحوالى ٤٢ ميلاً.

وتختلف الآراء بخصوص أصل الرصيف أو الرفرف القارى، وتتفق أغلب الآراء على أن الرصيف القارى ينتج عن ازدياد النحت فى الجزء المسمى مدرج نحت الأمواج نحو اليابس، وازدياد النمو فى الجزء المسمى مدرج بناء أو إرساب الأمواج فى اتجاه البحر. ويحدد حافة الرصيف القارى من ناحية البحر المدى الذى تستطيع الأمواج أن تؤثر فيه وهو حوالى عمق ٦٠٠ قدم. أما شبرد فيعتقد أن الرصيف القارى ينتج عن نحت الأمواج والتيارات البحرية وذلك رغم أن بعض الأرصفة القارية تتكون من مظاهر إرساب، ولكنه يذكر أن الإرسابات على الرصيف القارى ليست مرتبة بطريقة منظمة. وقد أثبتت الدراسات أن الصخور التى تكوّن فيها الرصيف فى أجزاء واسعة من سواحل المحيط الأطلسى وخليج المكسيك مغطاة برواسب سمكها يصل أحيانا إلى آلاف الأقدام، حتى أننا نعتقد أن الإرساب قد تم فوق التواء مقعر امتلأ بالرواسب إلى هذا السمك الكبير. وفى أرصفة قارية أخرى لايبدو أى أثر للإرساب، وعلى طول ساحل كاليفورنيا وجد شبرد عدة أحواض فى منطقة الرصيف القارى ترجع فى أصولها إلى الانكسارات التى أثرت فى الساحل نفسه وهذا النوع من الأرصفة القارية يختلف تماماً عن الرصيف القارى على طول الساحل الشرقى للولايات المتحدة وهكذا نجد أن الأرصفة القارية تختلف عن بعضها البعض اختلافا كبيرا من ناحية التكوين أو التركيب الجيولوجى، غير أنه يمكن بسهولة معرفة ما إذا كانت تلك الأرصفة ناتجة عن النحت أو الإرساب.

* **المنحدر القارى** Continental Slope:

وهو عبارة عن الجزء الممتد بين الرصيف القارى وأعماق المحيطات والبحار. ويميز شبرد المنحدر القارى بأن متوسط عمقه حوالى ١٢,٠٠٠ قدم ولكنه قد يصل إلى ٣٠,٠٠٠ قدم. ويشتد الانحدار فى المنحدر القارى فى الجزء العلوى منه حتى عمق ٦,٠٠٠ قدم. وهناك لاشك اختلاف فى درجة الانحدار

بين الرصيف القارى وبين المنحدر أو المدرج القارى ولكنه ليس اختلافا كبيرا جدا كما تصوره الرسوم البيانية الموجودة فى كتب الجغرافيا. إذ نجد أن متوسط درجة الانحدار فى منطقة الرصيف القارى تبلغ ٧,درجة، بينما هى فى منطقة المنحدر القارى تصل فى المتوسط إلى ٤,١٧ درجة وذلك فى الجزء العلوى منه. وتتغير درجة الانحدار فى المدرج أو المنحدر القارى حسب العمق كذلك تختلف من مكان لآخر، فعلى الساحل الشمالى الغربى لقارة أستراليا تصل درجة الانحدار إلى درجة واحدة فقط أو أقل. بينما على الساحل الجنوبى الغربى لنفس القارة يصل الانحدار إلى ٢٧ درجة نحو ١,٢ درجة. ويرجع شبرد هذه الاختلافات إلى طبيعة الساحل نفسه، ففى الأجزاء التى تصب فيها الأنهار وتكون لها دلتاوات كبيرة نجد متوسط الانحدار ١,٢٠ درجة، وعلى السواحل الثابتة عديمة الأنهار يصل الانحدار إلى ٣ درجات وعلى السواحل التى تكتنفها جبال حديثة يصل الانحدار إلى ٤,٤٠ درجة، وعلى السواحل الانكسارية تصل درجة الانحدار إلى ٤٠ درجة. وسطح المدرج القارى ليس مستويا بأية حال، فهناك خوانق بحرية وخلافها تخط سطح المدرج القارى، كذلك توجد تلال وحواف مرتفعة. وتوجد منطقة انتقال بين المدرج القارى وأعماق المحيط، وهذا الجزء الانتقالى يتراوح عرضه بين ١٠، ٢٠ ميلاً.

وهناك آراء متعددة بخصوص الأصل فى تكوين المدرج القارى، ومعظم الآراء متأثرة بالنظريات التى تفسر تكوين الرصيف القارى ويعتقد البعض أن المدرج القارى تكون نتيجة لفعل الأمواج وإرسابها لمواد نحتت من الساحل الأصلى أو من المواد التى تلقى بها الأنهار عند مصباتها. والبعض الآخر يعتقد أنه نتج عن عملية هبوط فى قشرة الأرض لأجزاء من الكتل القارية القديمة وهى أجزاء تعرضت لعمليات التعرية قبل هبوطها. والفكرة الأخيرة طبقت على ساحل بالمحيط الأطلنطى فى أمريكا الشمالية حيث يعتبره البعض حافة لكتلة قديمة فى شرق القارة. أما شبرد (Ibid. 1948) فيرى أن المدرج القارى نتج عن حركة انكسار فى قشرة الأرض.

ومن الطبيعى أن تكون معلوماتنا عن طبوغرافية الرصيف والمنحدر القارى أقل بكثير من معلوماتنا عن طبوغرافية القارات، ذلك رغم أن التنوع فى مظاهر السطح فى منطقة الرصيف والمنحدر القارى قد تفوق أحيانا التنوع الموجود على

سطح اليابس. ومن المناطق التى درست بالتفصيل خليج مين على الساحل الشرقى للولايات المتحدة حيث تم قياس العمق فى ١٥٥,٠٠٠ نقطة وذلك فى مساحة ٨٩٠٠ ميل مربع بحرى، وعملت خرائط كنتورية لقاع المحيط بفاصل رأسى بلغ ٣٠ قدما. وقد أظهرت هذه الخرائط مظاهر عديدة من شواطئ وحواف وتلال وأحواض وغير ذلك. وترجع بعض هذه المظاهر إلى تأثير الركامات الجليدية التى سادت فى المنطقة خلال العصر الجليدى. وقد ميز الأستاذ كوينين مظاهر السطح السالبة فى الرصيف والمدرج القارى وأجملها فى الأشكال الآتية:

- الأودية الغارقة أو المغمورة: Drowned Valleys ويقصد بها الأودية الغارقة التى لا شك فى أنها كانت فى الأصل أودية قارية ناجمة عن فعل المياه الجارية على اليابس ثم غمرتها مياه البحر. ومن أشهر هذه الأودية وادى نهر هدسن فى شرقى الولايات المتحدة، الذى يمتد فى المحيط الأطلنطى لمسافة ١٢٠ ميلاً بعد المصب. وقد ذكر لنا الأستاذ لويس Lewis أن هناك وادياً غارقاً يمتد شمالاً فى بحر الشمال حتى خط جزر أوركنى ويمثل هذا الوادى جزءاً من وادى نهر الرين (lewis, R.,p 1935)، وعندما كان هذا الجزء فوق سطح البحر كان نهر التيمز فرعاً له. كذلك يمكن تتبع أودية نهرى الألب والوزر حتى خط عرض مدينة أدنبره. وقد وصف لنا الأستاذ كوينين عدداً من الأودية المغمورة فى منطقة بحر سندا Sunda بين جزيرة بورنيو وجزيرة سومطرة من جزر الهند الشرقية. وهناك أودية أخرى مغمورة حتى عمق ٢٨٠ وذلك فى منطقة بحر الصين وبالقرب من جزيرة جاوة.

- قنوات المد والجزر: Tidal Channels فى أنحاء كثيرة كما هو الحال فى بحر سندا وفى الجزء الجنوبى الشرقى من بحر الشمال، وعلى طول الساحل الشرقى للولايات المتحدة توجد قنوات مغمورة فيما بين الجزر، وهى ليست أودية مغمورة، ولكنها ناتجة عن تأثير حركة المياه أثناء المد والجزر، وامتداد هذه القنوات أفقياً بشكل محدود ويحتمل أن هذه القنوات أو بعضها على الأقل قد نتج فى البداية عن أودية أنهار قارية ثم عملت فيها حركة المد والجزر وبعد ذلك حتى أصبحت بهذا الشكل.



صورة رقم (٩) أحد الفيوردات بساحل النرويج

الأودية (الأحواض الطولية) الجليـدية المغمورة: drowned glacial troughs بالإضافة إلـى الفيوردات التى تميز الكثـير من السواحل فى العروض العلـيا صورة رقم (٩) التى توضح الفيوردات بساحل النـرويج، هناك أودية أو منخفضات تخط سطح الرصيف القارى وهذه المنخفضات تختلف بخصوصها الآراء، ويذكر بعض العلماء أن هذه المنخفضات قد تكونت بواسطة النحت الجليدى عندما كانت منطقة الرصيف القارى فـوق سطح الماء، أو عندما كان الماء منحسـراً عن منطقة الرصيف القـارى بسبب انخـفاض فى سطح البـحر، وتتـصل كثـير من هذه المنـخفـضات بالفيوردات ولكنها أكثر اتساعـا من الفيوردات وأقل منها عمقاً. ومن الدلائل على أن هذه المنخفـضات من فعل الجليـد كونها ذات جـوانب رأسية وتتـصل بها أودية معلقة أحياناً. وقد أورد شبرد وصـفاً لطبوغرافية خليج سنت لورنس وخليج فندى Bay of Fundy إذ إنـه ابتداء من نقـطة قريبة من مصب نهـر ساجوناى Saguanay

ملامح قاع المحيطات:

معظم قاع المحيطات يمتد على عمق نحو خمسة كيلو مترات (٥٠٠٠متر) فيما يعرف بمستوى الهاوية Abyssal plains الذى تبرز فوقه العديد من الأشكال الأرضية المتباينة . والتى إذا ما إرتفعت فوق مستوى سطح البحر تتحول إلى جزر مثل مجموعة جزر هاواى . ومن أهم ملامح القاع ما يعرف بالجبال البحرية Sea mounts وإذا ما كانت قممها مستوية عرفت بإسم الجيوتات ، guyots ومعظم هذه الجبال ذات أصل بركانى (صورة رقم)

ويتميز قاع المحيط بتكون من صخور سميكة جبلية متشابهه فى خصائصها تعطى بتكوينات طينية لزجهة تميل إلى الإحمرار .

كما تظهر هضبات ممتدة لمسافات بعيدة فى قيعابه المحيطات خاصة المحيطين الهادى والأطلنطى كما سوف يتضح من الدراسة التفصيلية لهما .

ولكن أهم ما يميز القيعان السحيقة للمحيطات ما يعرف بالخوانق البحرية (المحيطية) DEep sea trenches وهى عبارة عن صدوع طولية الشكل قوسية الأمتداد تتميز بالضيق حيث لا يتعدى إتساعها تضبعه كيلو مترات تتميز لشدة إنحدار جوانبها نحو قيعانها الضيقة شديدة العمق وعادة ما تتخيز فواضع الضعف التكتونى فى قيعان المحيطات والتى غالباً تمتد قرب الأقواس الجزرية على الهوامش القريبة من سواحل القارات . ومن أهم هذه الخوانق المحيطية خانق بيرو - تشيلى وعمقه ٥٥ ,٨ م وإتساعه ١٠٠ متر وطوله ٥٩٠٠ كيلو متر وخانق ماريانا بعمق ٠٢٢ , ١١كم (وهو أعمق بنقطة فى مشرق الأرضى قرب جزر الفلبين وهناك خانق تونجا ٨٠ , ١٠كم٢ بطول ١٤٠٠كم٢ وإتساعه ٥٥كم٢ .

كذلك توجد حافات (عروق) جبلية Ridges تبرز كازرع فوق قيعان المحيطات لالاف الكيلو مترات بالشاع ٤٠٠ كم٢ . وإذا ما ظهرت قممها فوق سطح البحر تبدو فى شكل جزر مثل إيسلاندا وتريستان داكونها الكنان تبرزان من حافة الأطلس الوسطى وهى التى تمتد من الجزيرة السابقة حتى قرب دائرة عرض ٣٢ْ جنوباً قرب الطرف الجنوبى الغربى لقارة أفريقيا (الكيب) .

ومن الهضاب المغمورة تحت مياه المحيطات هضبة الباتروس بالمحيط الهادى وهضبة سيشل بالمحيط الهندى وهضبة أزور بالمحيط الأطلنطى .



الفصل الثامن

المحيطات الرئيسية

دراسة فى الإقيانوغرافيا

المحيط الهادى*

* المساحة والشكل :

يشغل المحيط الهادى والبحار المتصلة به حوالى ثلث مساحة الكرة الأرضية، وهو يكون شكل مثلث قمته فى الشمال عند بحر برنج، ويحده من الغرب ساحل آسيا وأستراليا ومن الشرق سواحل الأمريكتين، أما من الجنوب فتحده حافة القارة القطبية الجنوبية. والمسافة من الطرف الشمالى للمحيط الهادى حتى الطرف الجنوبى تبلغ حوالى (٦٩٠٠) ميل (أكثر من ١٤,٩٠٠ كيلو متر)، بينما اتساعه على طول خط الاستواء يبلغ ١١,٠٠٠ ميل (١٧,٧٠٠كم) وذلك من بنما حتى شبه جزيرة الملايو، وكمية المياه التى تشغل حوضه تبلغ ١٧٤ مليون ميل مكعب، والمحيط الهادى أكبر المحيطات مساحة وأكثرها عمقا، فى المتوسط (٤٢٨٢م)، ولو وضع كل اليابس فى العالم فى حوض المحيط الهادى فإنه يتسع له ويزيد قليلا، حيث تبلغ جملة مساحته ثلث مساحة سطح الكرة الأرضية، ويحتوى على أكثر من نصف مياه البحار والمحيطات.

وسواحل المحيط الهادى تتميز بالارتفاع بصفة عامة حيث بها جبال التوائية وانكسارية حديثة، فالجبال الالتوائية الحديثة توجد على سواحل الأمريكتين فى الغرب، كذلك تتميز سواحل المحيط الهادى بأنها ذات نشاط بركانى وزلزالى واضح؛ لذلك سميت حلقة النار Ring of Fire.

* قاع المحيط الهادى :

معظم قاع المحيط الهادى يتكون من سهل عميق يبلغ متوسط عمقه أكثر بكثير من متوسط عمق المحيطات الأخرى، كذلك الانحدار من ساحل المحيط الهادى إلى أعماقه انحدار شديد للغاية. وقاع المحيط الهادى مسطح نسبيا حيث توجد به تموجات وانحدارات غير شديدة، وبعض منخفضات يصل عمقها إلى ٤٠٠٠ قامة، غير أن هناك أجزاء محدودة من المحيط الهادى ذات سطح مختلف

---

* يسمى أيضا المحيط الباسيفيكى Paceific Ocean ويعنى السلام Paciful ، وكان فردناند ماجلان أول من أطلق عليه هذا الاسم، وذلك عام ١٥٢٠

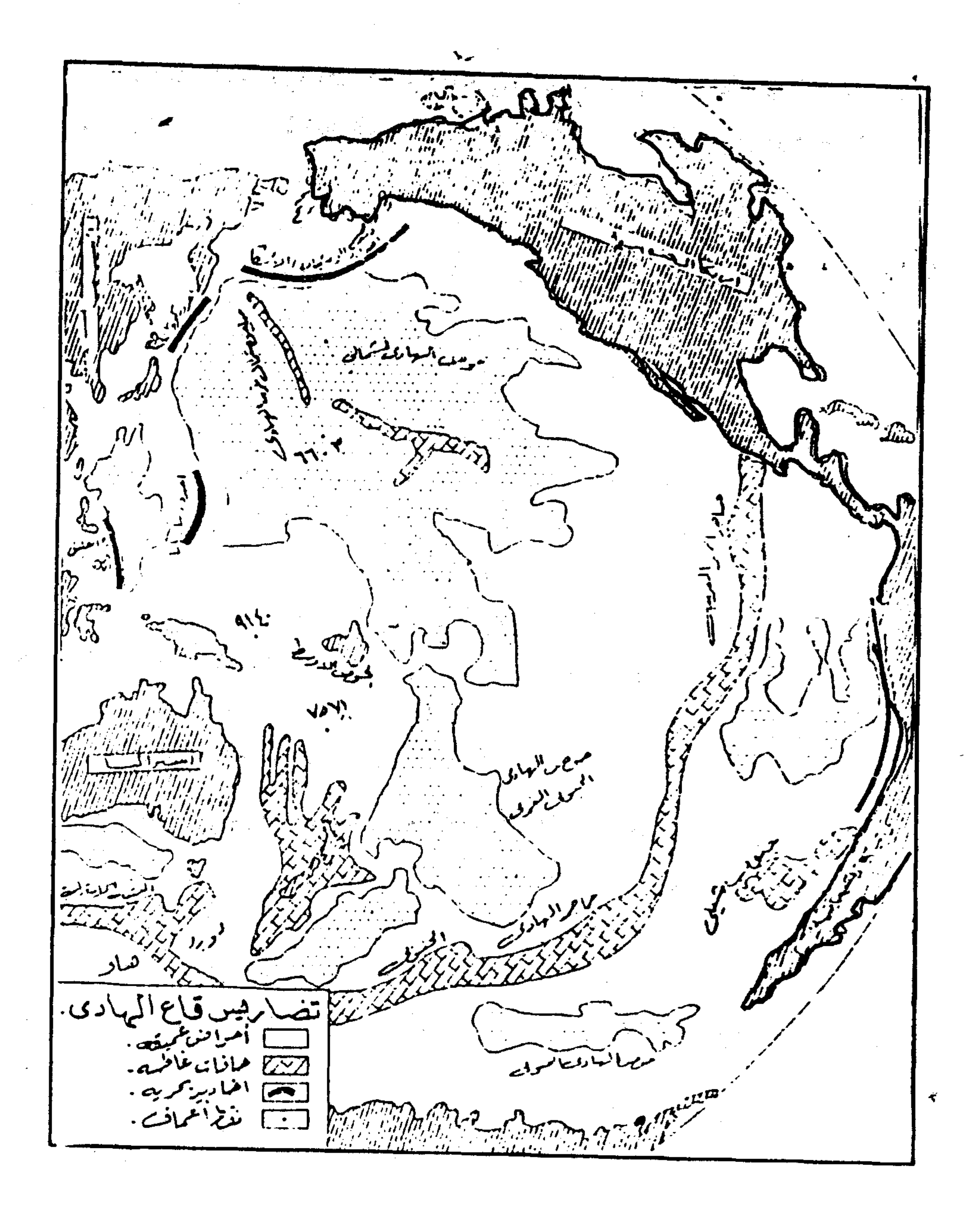
عن هذه الصورة العامة، وتوجد أجزاء مرتفعة فى قاع المحيط الهادى من أمثلتها ارتفاع هوائى الذى يبلغ عرضه ٦٠٠ ميل وطوله ١٩٠٠ ميل نشأ عن حركة نشاط بركانى، ويصل فى أجزاء منه إلى السطح مكونا جزر هوائى المعروفة فى غربى الولايات المتحدة الأمريكية. وبعض الارتفاعات فى قاع المحيط الهادى كبيرة الاتساع بحيث يمكن وصفها بأنها هضاب بحرية Submarine plateaux.

ومن الظواهر المتعلقة بالمحيط الهادى وجود منخفضات عميقة على طول سواحله توجد بالقرب من أقواس الجزر الساحلية ذات السلاسل الجبلية المرتفعة. وهذه المنخفضات الساحلية تعتبر أكثر أجزاء المحيط الهادى عمقا أو بالأحرى أكثر أجزاء المحيطات كلها عمقا، وأعمق الأجزاء فى المحيط الهادى اكتشف بواسطة السفينة الروسية Vityaz فى سنة ١٩٥٧ وهو منخفض ماريانا* Mariana بالقرب من جزر جوام Guam island ويبلغ عمقه ١١,٠٣٣ متر (٣٦,١٩٨ قدم) ومن الأعماق الكبيرة أيضا فى المحيط الهادى منخفض إمدن Emden بالقرب من جزر الفلبين، كذلك منخفض جزر ألوشيان. ولا توجد أعماق كهذه فى الجزء الأوسط من حوض المحيط الهادى، ولكن توجد سلسلة أخرى من هذه الأعماق على طول سواحل أمريكا الجنوبية مكونة منخفضا يسير محاذيا لسلسلة جبال إنديز منخفض أتكاما Atacama يصل عمقه إلى ١٤٧٥ قامة.

*** جزر المحيط الهادى:**

يحوى حوض المحيط الهادى مجموعات هائلة من الجزر يقدر عددها الإجمالى بحوالى ٣٠,٠٠٠ جزيرة غير أن مساحتها محدودة، والجزر الكبيرة تدخل ضمن مجموعة الجزر القارية وهى الجزر التى كانت سابقا جزءا من القارة ثم تكونت نتيجة لطغيان المحيط على أجزاء من اليابس وفصلها عن القارة. وفى شمال المحيط الهادى توجد جزر الوشيان والجزر القريبة من ساحل كولومبيا البريطانية وجزر شيلى. أما فى الغرب فتوجد الجزر العديدة التى تكوّن أقواسا على طول ساحل قارة آسيا ومنها جزر كوريل Kuriles وأرخبيل جزر اليابان وجزر الفلبين والجزر الأندونيسية وجزر نيوزيلندة. ومعظم الجزر عبارة عن جبال التوائية وبها أيضا قمم بركانية عالية (شكل ٣٩).

* يعد أعمق بقعة فى سطح الأرض.


تضاريس قاع الهادى.
أحواض عميقة.
هضبات غاطسة.
اخاديد بحرية.
نقط أعماق.

شكل رقم (٣٩)

أما الجزر الصغيرة المبعثرة فى المحيط الهادى فيوجد معظمها فى القسم الجنوبى الغربى من المحيط الهادى، وتكون هذه الجزر ثلاث مجموعات طبقا لتكوينها السلالى، فتسمى مجموعة منها جزر ميلانيز Melanesis وتشمل جزر سولومون Solomons ونيوهيبرديز New Hebrides وفيجى Fiji ومجموعة ميكرونيزيا Micronesia وتشمل جزر كارولين Carolines وجزر مارشال Mar-shales وجزر جلبرت Gilbert وجزر إليس Elice وأخيرا، هناك مجموعة جزر بولينيزيا Polynesia وتشمل جزر لين Line وجزر كوك Cook وجزر سوسيتى Society وجزر تواموتو Tuaotu وجزر هوائى Hawaii.

أما شمال شرق وشرق المحيط الهادى فهو شبه خال من الجزر حيث توجد بعض الجزر القليلة المتفرقة، وبخلاف الجزر القارية التى تكونت نتيجة حركة التواء فى قشرة الأرض، فإن بقية جزر المحيط الهادى تنتمى إلى مجموعتين : الأولى هى الجزر البركانية المرتفعة، والثانية هى الجزر المرجانية المنخفضة. فجزر هوائى مثلا تتكون من خمسة براكين تنتمى إلى أعمار مختلفة، ويصل الارتفاع فيها إلى ١٣,٦٧٥ قدم فوق سطح البحر مثل جبل مونالوا Mauna loa وإلى ارتفاع ١٣,٨٢٥ قدم من جبل موناكيا Mauna Kea.

* البحار الهامشية المتصلة بالمحيط الهادى :

تكاد البحار الهامشية تقتصر على الجانب الغربى للمحيط الهادى، إذ إن الامتداد الطولى للسواحل الأمريكية يجعلها شبه خالية من البحار الداخلية، إذ إن الوحيد الذى يدخل ضمن هذا التعريف هو خليج كاليفورنيا، وبعض الفيوردات التى توجد على سواحل كولومبيا البريطانية فى غرب كندا فى الشمال، وعلى سواحل جمهورية شيلى فى الجنوب.

أما فى الغرب فهناك عدد من البحار شبه المقفلة بين قارة آسيا من ناحية وأقواس الجزر الساحلية من ناحية أخرى. وتشمل هذه البحار بحر برنج وتحده جزر ألوشيان، وبحر أختسك Okhotsk وتحده شبه جزيرة كمتشتكا Kamchatka، وبحر اليابان بين أمريكا وجزر اليابان، والبحر الأصفر بين كوريا والصين، وبحر الصين الشرقى بين الصين وجزر ريوكيو Ryuku، وبحر الصين الجنوبى بين جزر

الفلبين وجزيرة بورنيو Borneo والملايو والهند الصينية وجنوب الصين. وفيما بين جزر الهند الشرقية وبعضها يوجد بحر سلبيس Celebes وبحر باندا Banda وغيرها من البحار الصغيرة التى توجد بين الجزر وبعضها البعض. ومعظم هذه البحار عميقة، وعلى سواحل أستراليا يوجد خليج كربنتاريا Carpentaria وبحر أرافورا Arafura.

* * *

المحيط الأطلسى

* المساحة والشكل :

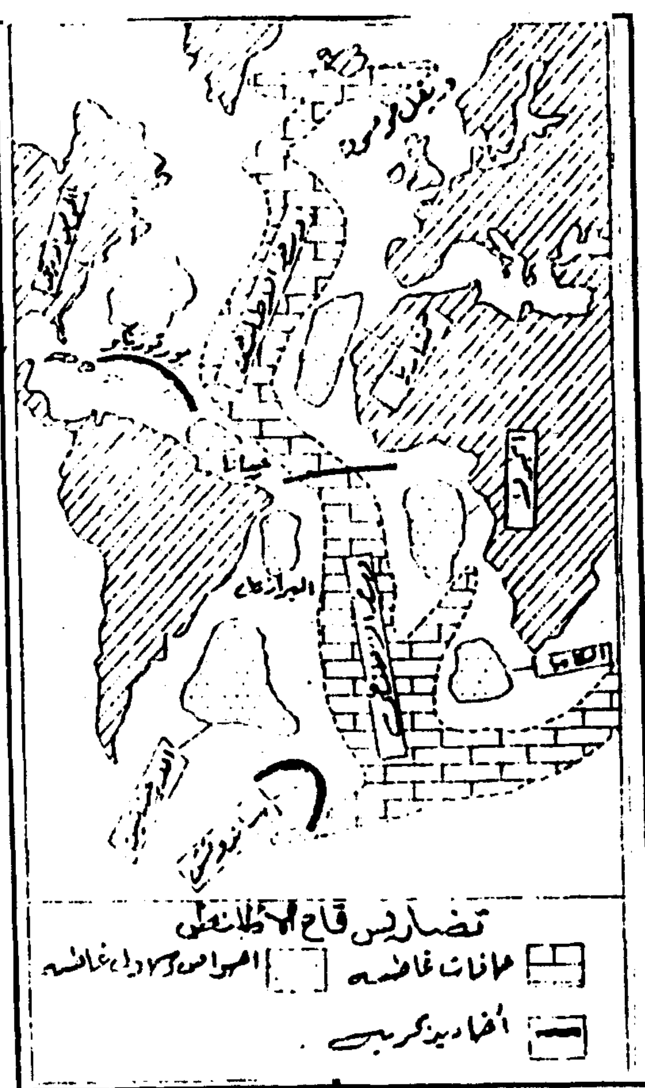
يشغل المحيط الأطلسى باستثناء بحاره الهامشية حوالى سدس مساحة العالم، أو حوالى نصف مساحة المحيط الهادى. وشبه شكله العام حرف S حيث إن ساحل أفريقيا الشمالى الغربى ينبعج نحو الغرب، وكذلك ساحل أمريكا الوسطى يتقوس نحو الغرب فى منطقة البحر الكاريبى، كذلك يتقوس ساحل أمريكا الجنوبية الشرقى فى منطقة رأس ساوروك Cape sa Roque نحو الشرق ونفس الشىء يحدث فى حالة ساحل خليج غانة.

ويضيق المحيط الأطلسى فى اتجاه خط الاستواء، إذ إن ساحل جمهورية ليبريا يبعد حوالى ١٦٠٠ ميل فقط عن ساحل رأس ساوروك، وعلى هذا الأساس فإن اتساع المحيط الأطلسى عند خط عرض ٤٠ درجة شمالا يبلغ ٣٠٠٠ ميل، وينتهى المحيط الأطلسى الجنوبى إلى محيط القطب الجنوبى فى اتساع كبير فى حين أن المحيط الأطلسى الشمالى ينتهى إلى محيط القطب الشمالى الذى يتميز بضيقه فى منطقة اتصال المحيطين بسبب وجود جزيرتى جرينلندة وأيسلندة.

* قاع المحيط الأطلسى :

أهم ما يميز قاع المحيط الأطلسى هو وجود ارتفاع طولى من الشمال إلى الجنوب يعرف باسم سلسلة الأطلسى الوسطى Mid-Atlantic Ridge ويقسم هذا الارتفاع عادة إلى حافتين: حافة دولفن Dolphin وحافة تشالنجر Challenger. وهذا الارتفاع الغاطس ينحدر تدريجيا فى كلا الجانبين. وتشبه هذه السلسلة فى

شكلها حرف S أيضا وعمق المحيط الأطلسى فى هذا الجزء منه يبلغ ١٧٠٠ قامة. وفى شمال المحيط الأطلسى تتسع هذه السلسلة لتكون شبه هضبة تسمى هضبة تلغراف Telegraph platcau، وتمتد من جزيرة أيرلندة إلى شبه جزيرة لبرادور.



وهناك سلاسل أخرى فى قاع المحيط الأطلسى منها سلسلة والفس Walivs Ridge وتمتد فى اتجاه شمالى شرقى من منطقة جزيرة ترستان داكنها Tristan da cunha حتى الساحل الأفريقى. وسلسلة ريوجراند Riogrand Ridge التى تمتد من نفس المنطقة نحو ساحل أمريكا الجنوبية. وفى شمال المحيط الأطلسى توجد سلسلة ضخمة تمتد من هضبة تلغراف نحو الشمال الغربى من شمال أسكتلندة إلى جنوب شرق جزيرة جرينلندة (شكل ٤٠).

شكل (٤٠)

أما المنخفضات أو الأعماق الكبرى التى توجد فى قاع المحيط الأطلسى فهى قليلة الوجود بعكس المحيط الهادى، إذ إن الالتواءات الكبرى الحديثة بجوار سواحل المحيط الأطلسى قليلة أيضا بعكس الحال على طول سواحل المحيط الهادى. وأكبر الأعماق فى المحيط الأطلسى توجد بالقرب من جزر الهند الغربية. فإلى الشمال مباشرة من جزيرة بورتوريكو يوجد عمق يصل إلى ٤٨١٢ قامة، وهو أكبر عمق فى المحيط الأطلسى كله. وهناك منخفض آخر يخترق السلسلة الأطلسية

المحيطية ويصل عمقه إلى ٤٠٣٠ قامة. وأهم المنخفضات الأخرى هو ذلك المنخفض الواقع بالقرب من جزر ساندويتش ويصل عمقه إلى ٤٥٤٥ قامة.

والرصيف القارى فى المحيط الأطلسى الشمالى واسع الامتداد بعكس الرصيف القارى على سواحل المحيط الهادى.

*** جزر المحيط الأطلسى :**

باستثناء الجزر التى تقع قريبة من ساحل قارة أوروبا وساحل قارة أمريكا الشمالية مثل الجزر البريطانية وجزيرة أيسلندة فى الجانب الأوروبى، وجزيرة نيوفونزلند وهى أهم الجزر الشمالية بالمحيط الأطلنطى، وجزر الهند الغربية فى الجانب الأمريكى. بينما تكون جزيرة أيسلندة الجزء الأعلى من السلسلة الأطلسية فيما بين شمال أسكتلندا وجزيرة جرينلندة. وهناك مجموعة من الجزر تشمل جزر فلكلند Falkland وجزر أوركنى الجنوبية South Orkneys وجزر شتلند Shetlands وجزر جورجيا Georgia وجزر ساندويتش Sandwich وهذه الجزر تكون الأجزاء العليا من السلسلة الأطلسية التى تمتد بين الطرف الجنوبى لقارة أمريكا الجنوبية وشبه جزيرة جراهام لاند Grahamland فى قارة أنتاركتيكا.

وهناك جزر أخرى تبرز من السلسلة الوسطى السابق ذكرها، وأهم هذه الجزر آزور Azores فى الشمال، وجزيرة أسنسيون Ascension و«ترستان داكنها» فى الجنوب، أما جزيرة سانت هيلانة St. Helena فتقع إلى الشرق من هذه السلسلة ويبدو أنها ترتفع فجأة من الأعماق البعيدة فى قاع المحيط، ومثلها فى ذلك جزيرة ترينداد الصغيرة بالقرب من ساحل البرازيل. وقد تكونت جزيرة برمودا Bermuda من شعاب مرجانية بنيت فوق مخروطات بركانية غارقة فى شمال غرب المحيط الأطلسى. أما جزر ماديرا Maderia بالقرب من ساحل المغرب فهى جزر بركانية تماما تكونت من حركات نشاط بركانى متعاقبة، وأكثر القمم ارتفاعا فى هذه الجزر هى قمة بيكو رويفو Bico Rivo ويصل ارتفاعها إلى ٦٠٥٦ قدم فوق سطح البحر، أما الجزر الأطلسية الأخرى فهى تمتد من هضاب قارية، ومثال ذلك جزر كنارى Canaries وجزر كيب فرد أو الرأس الأخضر Cape Verde. وعدد صغير من الجزر فى خليج غانة.

* البحار الهامشية المتصلة بالمحيط الأطلسي:

لاحظنا أن الرصيف القارى فى جنوب المحيط الأطلسى يكاد يكون مختفيا، ونلاحظ أن البحار الهامشية فى هذا الجزء لا وجود لها أيضا، أما سواحل أوروبا فأجزاء كثيرة منها غاطسة، وقد نتج عن ذلك وجود كثير من البحار المتعمقة فى أجزاء من سواحل القارة، وأهم هذه البحار بحر بلطيق Baltic وبحر الشمال والبحر المتوسط وفروعها المختلفة، والاثنان الأولان يتميزان بالضحولة، حيث لا يزيد العمق على ١٠٠ قامة، والمضايق التى تفصل بين الجزر الدنمركية فى بحر بلطيق يصل عمقها إلى ١١ قامة فقط. ويمثل البحر المتوسط بشعابه المختلفة وأشباه الجزر الممتدة فيه والجزر المبعثرة فى أنحائه المختلفة تكوينا معقدا للغاية ينتمى للحركة الالتوائية الألبية التى حدثت فى الزمن الثالث الجيولوجى. ويصل العمق فى مضيق جبل طارق إلى ٢٠٠ قامة، ويصل العمق فى بعض أجزاء البحر المتوسط إلى ٢٠٠٠ قامة، وأكثر أجزائه عمقا يصل إلى ٢٥٣٣ قامة، ويوجد بين جزيرة كريت واليونان. وفى البحر الأسود يصل العمق إلى ١٢٢٧ قامة، ويفصل بينه وبين البحر المتوسط عدد من المضايق والبحار الصغيرة مثل بحر مرمرة Mar-mara ومضيقى البوسفور Bosphorus والدردنيل Dardanelles.

ويزداد العمق فى البحر الأدرياتى Adriatic sea وهو أحد فروع البحر المتوسط، فهو يتكون من انخفاض طولى ضيق يقع محصورا بين جبال أبنين Apennines الإيطالية وجبال الألب الدينارية Dinaric Alps فى يوغوسلافيا واليونان من الناحية الأخرى. وتكوين هذه المنطقة على هذه الصورة نتج عن التواءات كبرى تمت فى الزمن الثالث الجيولوجى، وقد أثرت تلك الحركة فى كل شبه جزيرة البلقان وكذلك منطقة فى بحر إيجة والبحر الأسود.

وفى المحيط الأطلسى توجد بعض البحار الهامشية فى منطقة السواحل الأمريكية، فخليج هدسن Hudson Bay وخليج بافن Baffin Bay لا يزيد عمقهما عن ١٠٠ قامة. كما يكون مضيق ديفنز Davis strait بين جزيرة جرينلندة وجزيرة بافن جزءا ضحلا يصل بين المحيط الأطلسى ومحيط القطب الشمالى. ومتوسط العمق فى هذا الجزء ١١٢ قامة. أما فى خليج المكسيك فالعمق يصل إلى ٢٠٨٠ قامة وفى منطقة البحر الكاريبى يوجد عدد من السلاسل البحرية والأحواض والمنخفضات العميقة التى منها منخفض بارتلت Bartlett ويصل عمقه إلى ٣٩٣٧ قامة.

المحيط الهندى

* المساحة والشكل :

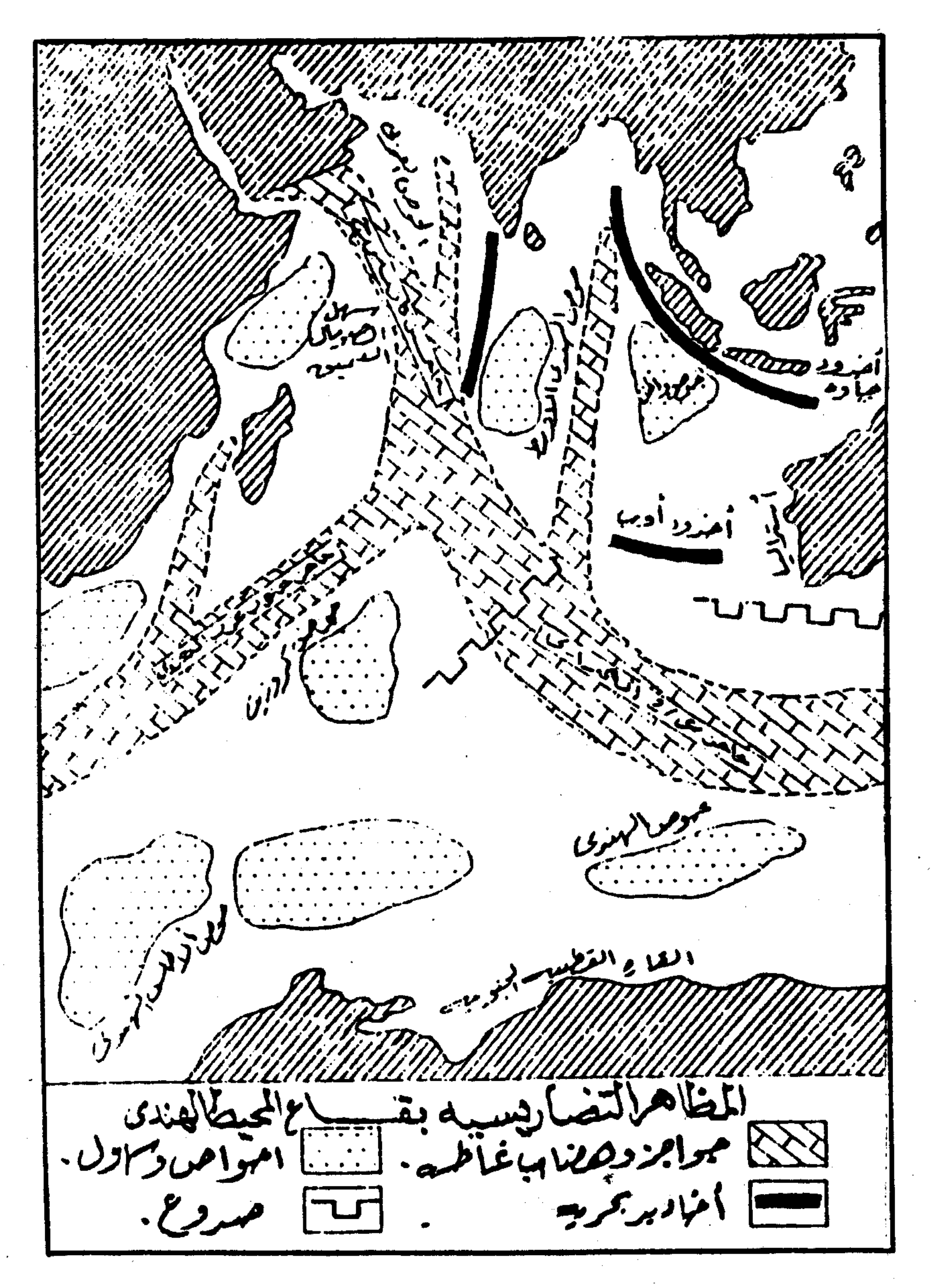
المحيط الهندى صغير فى مساحته بالنسبة للمحيط الهادى والمحيط الأطلسى، كذلك يختلف عنهما فى شكله حيث إنه مغلق من ناحية الشمال بواسطة اليابس الأسيوى. كما أن المحيط الهندى يمتد شمالا حتى مقدار السرطان، وتتكون الأجزاء الساحلية من المحيط الهندى من هضاب قديمة مثل أفريقية وهضبة بلاد العرب وهضبة الدكن وهضبة غربى أستراليا. أو بمعنى آخر من بقايا قارة جندوانا القديمة، وذلك فيما عدا الجزء الشمالى الشرقى حيث توجد جزر الهند الشرقية بجبالها الالتوائية، أما فى الجنوب فيوجد جزء من قارة أنتاركتيكا بين خطى طول ٢٠ درجة شرقا و ١١٥ شرقا.

* قاع المحيط الهندى :

من ناحية العمق نجد أن المحيط الهندى متجانس من ناحية أعماقه، حيث إن ٦٠٪ منه يتكون من سهل عميق يتراوح عمقه بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ قامة. ويكاد المحيط الهندى يخلو من المنخفضات الطولية اللهم إلا فى منطقة منخفض وسوندا حيث يصل العمق إلى ٤٠٧٦ قامة، ويوجد فى المحيط الهندى بعض السلاسل الواسعة التى تفصل بين الأحواض العميقة، وتمتد إحدى هذه السلاسل بين الطرف الجنوبى لشبه جزيرة الهند وبين القارة القطبية الجنوبية. وهناك سلسلة عرضية تسمى سلسلة سقطرة ـ شاجوس Socorta - chagos وتمتد من رأس غردفوى Guardafui لتقابل السلسلة الطولية وسلسلة سيشل Sychelles وتقع موازية للسلسلة السابقة وإلى الجنوب منها بحوالى ٨٠٠٠ ميل (انظر شكل رقم ٤١).

وجزيرة سيلون Cylon وكذلك بعض الجزر الأخرى الصغيرة مثل جزيرة سقطرة Socotra بالقرب من رأس غردفوى أو قمة القرن الأفريقى، وجزيرة زنجبار Zangibar وجزيرة كومورو Comoro أما جزر أندامان Andaman وجزر نيكوبار Nicobar فى خليج بنغال فهى تكون الأجزاء البارزة من امتداد الجزء الغارق من سلسلة جبال أركان يوما فى بورما Arakan Yoma.

وهناك بعض الجزر المرجانية فى المحيط الهندى وخاصة فى جنوب غرب شبه جزيرة الهند وأهمها جزر لاكاديف Laccadives وجزر مالديف Maldives أما


القارة القطبية الجنوبية
المظاهر التضاريسية بقاع المحيط الهندى
حواجز وهضاب غاطسة.
أحواض وسهول.
أخاديد بحرية.
صدوع.

شكل رقم ٤١

جزيرتا موريشيس Mauritis ورينيون Reunion فهما من أصل بركانى وتقعان إلى الشرق من جزيرة مدغشقر. أما الجزء الشرقى من المحيط الهندى فيكاد يكون خاليا من الجزر، حيث إن قاع المحيط الهندى عميق فى هذا الجزء منه. ولا توجد فى هذا الجزء سوى مجموعة جزر كوكس Cocos وجزيرة كريسماس Chridtmas.

* البحار الهامشية المتصلة بالمحيط الهندى :

لما كانت الهضاب المحيطة بالمحيط الهندى ذات جوانب شديدة الانحدار، فإن البحار الهامشية قليلة ومحدودة، ويمكن اعتبار البحر العربى Arabian sea وخليج بنغال Bay of Bengal مجرد امتدادين شماليين للمحيط الهندى تفصل بينهما شبه جزيرة الهند، أما قناة موزمبيق فتفصل بين جزيرة مدغشقر واليابس الأفريقى هو البحر الأحمر والخليج العربى. ويشغل الأول جزءا من الأخدود الأفريقى بين إفريقية وشبه جزيرة بلاد العرب. وسواحل البحر الأحمر صخرية ذات انحدار شديد. ثم يتفرع البحر الأحمر فى الشمال إلى خليجى السويس والعقبة وبينهما شبه جزيرة سيناء، ويفصل بين البحر الأحمر والمحيط الهندى مضيق ضحل هو مضيق باب المندب حيث يصل العمق إلى ٢٠٠ قامة فقط.

أما الخليج العربى فهو منخفض ضحل يمتلئ تدريجيا بواسطة رواسب نهرى دجلة والفرات، ويكاد الخليج العربى ينفصل عن خليج عمان والمحيط الهندى بواسطة شبه جزيرة عمان التى تمتد فتجعل اتساع مضيق هرمز Hormuz strait خمسين ميلا فقط.

* * *

محيط القطب الشمالى

* المساحة والشكل :

الشكل العام لمحيط القطب الشمالى يكاد يكون مستديرا، بحيث يقع القطب الشمالى أقرب إلى ساحل جرينلندة منه إلى ساحل الاسكا وسيبيريا، وتبلغ مساحة محيط القطب الشمالى حوالى ٥,٥ مليون ميل مربع، أو بمعنى آخر ١ من مساحة المحيط الهادى. ويكاد اليابس يحيط بالمحيط الشمالى وأهم هذه الفتحات بحر برنج عند خط طول ١٧٠ درجة غربا، والممرات الموجودة بين جزيرة جرينلندة وجزيرة

أيسلندة والجزر البريطانية وهى ممرات قليلة وضيقة أيضا. ومعظم محيط القطب الشمالى مغلق فى أغلب شهور الشتاء بسبب تجمد مياهه.

* قاع محيط القطب الشمالى :

معلوماتنا عن قاع المحيط الشمالى قليلة ومحدودة، ومن هذه المعلومات المحدودة يبدو لنا أن هناك حوضا واحدا واسعا يبلغ متوسط عمقه حوالى ٢٠٠٠ قامة، وأكثر أجزاؤه عمقا يصل إلى ٣٠٧٦ قامة، وحول هذا الحوض الأوسط توجد بحار هامشية يصل عمقها إلى ١٠٠٠ قامة فى المتوسط.

* البحار الهامشية المتصلة بمحيط القطب الشمالى :

توجد بحار هامشية على طول السواحل الشمالية للقارات المطلة على محيط القطب الشمالى، فهناك بحر بيفورت Beafort على ساحل الاسكا، وبحر شرق سيبيريا وبحر لابتف Laptev Sea وبحر كارا Kara sea بين نهر أوب Ob ونوفيارمليا Novaya Zemlya (الأرض الجديدة)، وبحر بارنتس Barnts sea بين النرويج وجزيرة سبتزبرجن Spitsbergen. كذلك يوجد عدد كبير من المضايق بين الجزر المختلفة المتناثرة فى محيط القطب الشمالى.

* جزر محيط القطب الشمالى :

هناك عدد كبير من الجزر حول أطراف محيط القطب الشمالى، ومعظم هذه الجزر كما هو الحال فى أرخبيل جزر شمال كندا وجزر شمال سيبيريا يمثل أجزاء غارقة من الكتل القارية. وهناك جزر أخرى مثل سبتزبرجن وبير Bear وجان ماين Jan Mayen عبارة عن الأجزاء البارزة فوق سطح الماء من سلاسل بحرية فى قاع المحيط(١).

هذه هى المحيطات المختلفة فى العالم، أما محيط القطب الجنوبى فليست له شخصية مستقلة وإنما هو امتداد جنوبى للمحيطات الثلاثة الرئيسية وهى المحيط الهادي والمحيط الأطلسى والمحيط الهندى.

---

(١) Cooker, R. E. : The Great and Wide Sea, University of Carolina Press, 1949.



الفصل التاسع

موارد الثروة فى البحار والمحيطات

البحار

كلمة بحر ليس لها معنى علمى محدد، إذ إنه ليست هناك صفات مشتركة بين بحر الشمال وبحر آزوف وبحر اليابان وبحر قزوين والبحر الميت إلا من ناحية واحدة وهى أنهم جميعا عبارة عن مسطحات مائية. وربما كان أفضل تعريف للبحر هو أنه مسطح مائى يحيط به اليابس من معظم الجهات، والبحار فى الغالب تتصل بالمحيطات، وعلى هذا الأساس فإن البحر الميت وبحر آرال وبحر قزوين لا يمكن اعتبارها بحارا بالمعنى الدقيق؛ لأنها ليست متصلة بالمحيطات، لذلك يمكن وصف هذه البحار بأنها أحواض ذات تصريف داخلى.

وأهم بحار العالم حسب المفاهيم القديمة عددها سبعة هى : المحيط الأطلسى الشمالى والجنوبى، والمحيط الهادى الشمالى والجنوبى، والمحيط الهندى، والمحيط المتجمد الشمالى، والمحيط المتجمد الجنوبى. أما بالنسبة للإغريق فكان هناك بحر واحد فى نظرهم هو Thalassos أو البحر المتوسط. وكان هذا البحر معروفا ومطروقا بواسطة سكان سواحله وخاصة فى القسم الشرقى منه، أما المحيط الذى كانوا يسمونه Okeanus فكان المعتقد أنه محيط بالأرض كلها وكان غير معروف لهم.

وفى القرن الخامس قبل الميلاد كانت البحار السبعة هى المحيط الهندى والبحر الأحمر والخليج العربى والبحر الأسود وبحر آزوف وبحر الأدرياتيك وبحر قزوين، أما تعبير أعالى البحار High Seas فيطلق على أجزاء البحار البعيدة التى تتبع دولة بالذات، أما البحار الإقليمية فهى التى كانت تخضع لوحدة سياسية معينة. أما بالنسبة للبحار فإن البحر هو أى سطح مائى نستطيع استخدامه فى الملاحة. وعلى سواحل القارات تمتد أشباه جزر وتوجد جزر يعمل وجودها على اقتطاع أجزاء من المحيطات وإعطائها شكلا خاصا بحيث نعتبرها بحارا. وتكثر البحار حول قارة أوروبا ذاتها وهى عبارة عن شبه لقارة آسيا. وعلى سواحل

أوروبا توجد أشباه جزر عديدة وتتداخل بينها بحار تتوغل إلى قلب القارة. كذلك تكثر البحار في جنوب شرق وشرق قارة آسيا، حيث يساعد على تكوينها وجود أشباه الجزر والجزر المنتشرة فى هذا الجزء من القارة، ومثال ذلك جزر الهند الشرقية وجزر الفلبين وجزر اليابان. وتقل البحار على السواحل الغربية لأمريكا الشمالية والجنوبية وعلى سواحل القارة الأفريقية بسبب قلة التعرجات. وتعتمد البحار على المحيطات فى تنظيم مياهها، أى أن البحار تعتمد على المحيطات وفى نفس الوقت تتأثر بسبب صلتها الوثيقة بها.

ومن الناحية الجيولوجية فإن البحار أحدث من المحيطات، إذ إن عمر المحيطات قريب من عمر الأرض ذاتها. وهناك أدلة على أن الأرض أو القارات كانت أجزاء منها تشغلها بحار على مر الأزمنة والعصور الجيولوجية. غير أن مساحات وأشكال هذه البحار قد تغيرت من وقت لآخر. وقد نتجت هذه التغيرات عن الحركات التكتونية وعن عمليات النحت والتعرية وعن العصور الجليدية.

أما الخليج Gulf فيعرف أحيانا بأنه مسطح مائى طوله أكبر من عرضه. ومن الخلجان المشهورة خليج بوثنيا وخليج فنلندة وخليج كاليفورنيا والخليج العربى. وحسب التعريف السابق يمكن اعتبار البحر الأحمر خليجا، وقد يعرف الخليج أيضا بأنه مساحة من الماء تفصل بين يابس على الجانبين، ومن أمثلة هذه الخلجان الخليج الأسترالى العظيم وخليج والفس على الساحل الغربى لأفريقية، وخليج نابولى وخليج جنوة والأخير ضحل، وخليج غانه وخليج المكسيك. ومن أمثلة الخلجان أيضا خليج بنغال والبحر العربى على جانبى شبه جزيرة الهند هذا رغم أن الأول يطلق عليه خليج والثانى يطلق عليه بحر، وهناك العديد من اللبس فى التسميات بين بحر وخليج مضيق وغير ذلك.

أما المضيق Strait والممر Passage فيقصد بهما من الناحية الجغرافية جزء ضيق للغاية من المسطح المائى يصل بين مسطحين واسعين من الماء. ومن أمثلة هذه المضايق مضيق دوفر Dover ومضيق جبل طارق ومضيق فلوريدا والمضايق التى تصل بين المحيط الأطلسى والبحر الكاريبى ومضيق ملقه فى إندونيسيا، أما من الناحية الجيولوجية فإن المضيق عبارة عن الانقطاع فى امتداد الجزر أو فى مناطق البرازخ وذلك مثل مضيق دوفر ومضيقى البوسفور والدردنيل.

ومن الممكن أن نقسم البحار إلى بحار داخلية وبحار شبه داخلية، والنوع الأول يوجد متوغلا فى وسط اليابس ويرتبط بالمحيط بمضايق ضيقة. وهناك أربعة بحار من هذا النوع هى البحر المتوسط والبحر القطبى وخليج المكسيك والبحر الكاريبى. والأخيران يكونان بحر أمريكا الوسطى، والبحار المتقطعة حول جزر أندونيسيا، وهناك أربعة بحار داخلية أصغر مساحة هى البحر الأحمر وخليج هدسن والخليج العربى وبحر البلطيق. وهذا النوع من البحار تقل به حركة المد والجزر، كما أن بحر البلطيق وخليج هدسن مياههما قليلة الملوحة. بينما البحر الأحمر مرتفع الملوحة.

أما البحار المفتوحة فهى تتصل بالمحيطات بفتحات واسعة، ومن أمثلة هذه البحار بحر الشمال وخليج كربنتاريا، وقد تكون هذه البحار متصلة بالمحيطات بعدد من الفتحات أو المضايق، ومثال ذلك بحر برنج وبحر الصين وبحر أختسك. وهذا النوع من البحار تشتد فيه حركة المد والجزر، كما أن الشبه بينها وبين المحيطات كبير، وخاصة من ناحية حركة المياه ولذلك يمكن وصف هذه البحار بأنها بحار محيطية وبعض هذه البحار يتميز بالضحولة، ومثال ذلك بحر الشمال والبحر الأيرلندى وخليج فندى، وتقع هذه البحار كلها فى منطقة الرصيف القارى لذلك لا يزيد العمق فيها عن ١٠٠ قامة، ويشار إلى هذه البحار أحيانا بأنها بحار رفرفية.

أما البحار العميقة فهى التى تنفصل عن المحيطات بواسطة أقواس من الجزر أو أجزاء ضحلة من المحيط، وهذه البحار تنتشر فى القسم الغربى من المحيط الهادى وحول أمريكا الوسطى وتصل الأعماق فى هذه البحار إلى أكثر من ١٠٠٠ قامة.

ويطلق على البحار المغلقة اسم البحار القارية Continental وهذه البحار أيضا قد تكون ضحلة وذلك مثل بحر آزوف وخليج هدسن وبحر بلطيق، والبعض الآخر عميق قد يصل عمقه إلى أكثر من ٢٥٠٠ قامة.

تعتبر البحار والمحيطات موردا هاما للمعادن، وأهم هذه المعادن هو الملح، وتوجد كميات هائلة من الملح فى مياه البحار والمحيطات، وأغلب الظن أن كمية

الملح تزداد باستمرار، إذ إن الحركة الدائمة للمياه هى نحو المحيط، ومواد القشرة الأرضية ومنها الملح تنقل بصفة دائمة إلى مياه المحيط، إذ المعتقد أن ملوحة مياه المحيطات كانت فى بادئ الأمر قليلة ثم أخذت فى الزيادة؛ لأنه من المعروف أن أملاح مياه المحيط أتت إليها من صخور القشرة الأرضية.

ويلاحظ أن هناك تشابها واضحا بين التكوين الكيماوى لمياه البحر ومياه الأنهار، غير أن العناصر الكيماوية فى كل منهما توجد بنسب متفاوتة، ففى مياه الأنهار نجد نسبة الكالسيوم عالية، بينما نجدها منخفضة فى مياه المحيط، والسبب فى قلة نسبة الكالسيوم فى مياه المحيطات هو أن الحيوانات المائية تستخدم الكالسيوم فى بناء أجسامها وهياكلها فتأخذه من مياه المحيط. كذلك مادة السيليكا نجدها توجد بكثرة فى مياه الأنهار عن مياه البحار.

وهناك عوامل أخرى تضيف بعض المعادن إلى مياه البحار والمحيطات، فهناك المواد المعدنية التى تخرج من البراكين وتتطاير فى الهواء ثم تصل بطريقة أو بأخرى إلى البحار والمحيطات. هذا بالطبع بالإضافة إلى مواد البراكين التى توجد تحت سطح الماء.

ويظهر لنا من هذا أن الأملاح تنتقل من اليابس إلى الماء وليست هناك حركة عكسية لانتقال الأملاح من البحار والمحيطات إلى اليابس، وإن كنا بالطبع نحاول إعادة بعض هذه الأملاح بالطرق الصناعية واستخلاصها من مياه البحار، وبطريقة غير مباشرة عن طريق جمع النباتات البحرية وصيد الحيوانات البحرية التى تحتوى أجسامها على بعض هذه الأملاح.

غير أنه توجد عملية غير عادية تنتقل بواسطتها مياه البحار والمحيطات إلى اليابس وذلك عندما تطغى مياه البحار على الأجزاء اليابسة وترسب تكويناتها ثم تنحسر مرة أخرى تاركة هذه الرواسب وراءها، غير أن هذه الرواسب لا تستمر فترة طويلة فوق اليابس، وإنما تعود مرة أخرى إلى البحار بواسطة المياه الجارية التى تحملها وتنقلها إلى البحار والمحيطات.

وهناك وسيلة أخرى تنتقل عن طريقها الأملاح بين اليابس والماء وبالعكس، تلك هى الرياح التى تحمل ذرات الملح الموجودة فى تكوينات اليابس وتلقيها فى أجزاء من البحار والمحيطات، أو تحمل ذرات الملح التى تتركها مياه البحار على

الشواطئ ويحملها الهواء فتظل عالقة به، وقد تستخدم هذه الذرات أو بعضها كنواة تتكاثف حولهـا قطرات المطر، ثم تسقط على سطح الأرض مـع الأمطار لتعود مرة أخرى إلى البحار والمحيطات.

وقد اكتشفت كثـير من الأملاح التى تحتويها مياه البـحار عن طريق وجودها فى تـركيب بعـض النبـاتات أو الحيوانـات البحريـة ولم يكـن الإنسان يعـرف عن وجودها ضمن مياه البحر شيئا من قبـل. ولم يستطع الإنسان حتى الوقت الحاضر أن يستـخلص كل المواد الـكيماوية التـى توجد فى ميـاه البحار والمحيـطات، وإنما وصل عدد المواد التى استخرجها الإنسان مـن مياه البحار والمحيطات حتى الآن إلى حوالى الخمسين مادة. ولابد أن هناك الكثيـر المتبقى لو وجد الإنسان الوسيلة إلى استخراجهـا، وفى مياه البحار والمحيـطات خمسة أنواع من الأملاح تـوجد بنسب ثابتة تقريبا، وكما نتوقع فإن أكـثر هذه الأملاح وجودا هو كلوريد الصوديوم الذى يكون ٧٧,٨٪ من جملـة الأملاح وكلوريد المغنسيوم ونسبـته ١٠,٩٪ ثم سلفات المغـنسيـوم بنسبـة ٤,٧٪ وسلفـات الكالـسيوم وتـكون نسبـته ٣,٦٪، وسلـفات البوتاسيوم ونسبتها ٢,٥٪ أما باقى الأملاح فتكون ٠,٥٪ الباقية[1].

ويعتبر الذهب أكثر العناصر التى اجتذبت الإنسان من بين المواد الموجودة فى البحار والمحيطات. إذ إن الذهب كان هو المعدن الـذى خطف بريقه عيون الباحثين عن الثروة سواء فى منـاطق اليابس أو مناطق البحار والمحيطـات، غير أن الصعوبة فى الحصول عليه تمثلت فى كيفية استخراجه من باطن البحار والمحيطات، وقد قام الكيماوى الألمانى فريتز هيبر Fritz Haber بعد الحرب العالميـة الأولى بعمل دراسة قامت ألمانيا على أساسها بإرسال باخرة هى الباخرة متيور Meteor إلى عرض المحيط الأطلسى لاسـتخراج الذهب من مـاء المحيط، ولكن تكـاليف الرحلة واسـتخراج المعدن فاقت ما حصلت عليه البعثة من ذهب فى هذه الرحلة.

وقد وجد أنـه فى ميل مكعـب من مياه المحيط يـوجد ما قيمتـه حوالى ٤٠ مليون جنيه ذهبا، ٣ مليون جنيه من الفضة، غير أن استخراج الذهب والفضة من

(١) Sverdup, H. U., The Oceans, New York, 1946.

هذا القدر من المياه يستدعى ملء وإفراغ ٢٠٠ خزان مرنين يوميا لمدة سنة، ومساحة كل خزان ٥٠٠ قدم مربع وعمقه خمسة أقدام. وهذا يجعل الإنتاج غير اقتصادى.

ومن المواد الموجودة فى مياه البحار والمحيطات أيضا مادة اليود، وتوجد هذه المادة فى تكوين كل النباتات والحيوانات البحرية، فالإسفنج والمرجان وبعض الحشائش البحرية تحوى كميات هائلة منه. كذلك يحتوى الهواء فى المناطق الساحلية على كميات منه أيضا. وقد أصبح اليود أيضا جزءا من تكوين الجسم البشرى.

كذلك معظم مادة البروم Bromine توجد فى المحيطات والبحار فهى تحوى ٩٩٪ من هذه المادة، وحتى النسبة الضئيلة التى توجد فى صخور القشرة الأرضية فقد أرسبت عليها بواسطة مياه البحار والمحيطات، وهناك أنواع من النباتات وخاصة على سواحل الولايات المتحدة تستخلص هذه المادة، ويدخل البروم فى عدد من الصناعات الكيماوية مثل مواد إطفاء الحريق وصناعة الأفلام والأصباغ وبعض المواد الحربية. ومن أكثر بحار العالم التى تحتوى على نسبة عالية من البروم هو البحر الميت. ويقدر أنه يحتوى على حوالى ٨٥٠ مليون طن من البروم، ويذكر أيضا أن نسبة البروم فى البحر الميت تبلغ مائة مثل نسبته فى مياه البحار والمحيطات الأخرى، ومصدر البروم فى البحر الميت هو الآبار الساخنة التى توجد فى قاع بحر الجليل الذى تصل مياهه إلى الميت عن طريق نهر الأردن.

ويعتبر المغنسيوم من المعادن الأخرى التى تستخرج فى الوقت الحاضر من مياه البحار والمحيطات، ويقدر أنه فى كل ميل من مياه المحيط يوجد ٤ مليون طن من المغنسيوم. وقد اخترعت طريقة استخلاص المغنسيوم من مياه المحيط حوالى سنة ١٩٤١، وقد ازدادت كمية إنتاج المغنسيوم بكميات هائلة. وقد ساعدت الكميات الكبيرة من المغنسيوم التى تستخرج من مياه البحار والمحيطات على إمداد صناعة الطائرات خلال الحرب العالمية الثانية بحاجتها من المغنسيوم، ويلاحظ أن كل طائرة تحتوى على حوالى نصف طن من المغنسيوم. ولمعدن المغنسيوم استخدامات أخرى كثيرة، حيث توجد حاجة إلى معدن خفيف الوزن، كذلك يستخدم المغنسيوم فى عمل حبر الطباعة وفى صناعة بعض الأدوية وفى صناعة معجون الأسنان وفى عمل القنابل.

أما **ملح الطعام** فقد استخرجه الإنسان من مياه البحار منذ قرون عديدة وخاصة فى المناطق المدارية حيث الحرارة مرتفعة ودرجة التبخر عالية، وقد قام الإغريق والرومان والمصريون باستخراج الملح من ماه البحر منذ زمن بعيد، وما زال استخراج الملح من مياه البحر اعتمادا على تبخير المياه بواسطة أشعة الشمس يزاول حول الخليج العربى وفى الصين واليابان وجزر الفلبين وعلى سواحل كاليفورنيا، وتوجد هنا وهناك أحواض لاستخراج ملح الطعام حيث تعمل أشعة الشمس والرياح على تبخير المياه وترك الأملاح المترسبة بكميات كبيرة، ومن أمثلة ذلك حوض ران أف كتش Rann of Cutch على الساحل الغربى لشبه جزيرة الهند، وهو عبارة عن سهل مستو طوله ١٨٥ ميل وعرضه ٦٠ ميل،ويفصل بينه وبين البحر جزيرة كتش، وعندما تهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية فإن مياه المحيط تنتقل بواسطة قناة وتغطى السهل، وفى فصل الجفاف تبدأ المياه فى التبخر تاركة طبقة سميكة من الملح.

وكثير من الأملاح التى توجد فى قشرة الأرض أرسبت عندما كانت أجزاء من اليابس مغطاة بمياه المحيطات، ففى العصر البرمى كان يوجد بحر داخلى كبير يغطى معظم أوروبا وخاصة الجزر البريطانية الحالية وفرنسا وألمانيا وبولندة، وكانت الأمطار قليلة ونسبة التبخر عالية، وقد زادت الملوحة فى مياه البحر وبدأ يرسب كميات كبيرة من الأملاح فى طبقات فوق بعضها البعض، وفى فترة من فترات الإرساب كانت معظم الرواسب من الجبس ومعها طبقات من الملح، ثم بدأت تترسب طبقات من البوتاسيوم والمغنسيوم.

كذلك فى العصر السيلورى وجد حوض ملحى كبير فى شمال الولايات المتحدة، وفى هذا الحوض أرسبت طبقات من الملح والجبس فى مساحة تبلغ ١٠٠٠٠٠ ميل مربع، وتوجد سبع طبقات متتابعة من الملح والجبس، وأعلى هذه الطبقات يوجد على عمق نصف ميل، وفى جنوب ولاية متشجن الأمريكية يبلغ سمك بعض هذه الطبقات حوالى ٥٠٠ قدم. ومن أهم مناجم الملح فى العالم بحيرة سيرلز Searles فى صحراء موهافى Mojave فى ولاية كاليفورنيا، وقد كان هذا الجزء يكوّن ذراعا من المحيط ثم اقتطع منه بواسطة سلاسل جبلية ارتفعت ففصلته عن المحيط، ثم جفت مياه البحر الداخلى تاركة طبقة صلبة من الملح يبلغ

سمكهـا ما بين ٥٠، ٧٠ قدما، وتحـت طبقة الملح تـوجد طبقة من الـطين، وقد اكتشفت حديثا طـبقة أخرى من الملح أسفل طبقة الطيـن. وقد بدأ استغلال الملح من بحيرة سيرلز فى سنة ١٨٧٠ ثم ازداد استـغلاله فى سنة ١٩٢٠ وتنتج بحيرة سيرلز إلى جانب ملح الطعام مواد معدنية أخرى.

وينتظـر أن يمثل البحـر الميت فى وقت قريـب موردا للأملاح مماثلا لـبحيرة سيرلز، والبـحر الميت هو البقية البـاقية من بحر كبير كان يـشغل وادى الأردن كله وكان طوله حوالى ١٩٠ ميـل، ومياه البحر الميت مرتفعة الملـوحة - كما ذكرنا من قبـل - بسبب زيـادة التبخـر فى هذا المنـاخ الحار، لدرجة أن الحـيوانات المائـية لا تستطيع الحياة فى مياهه، والأسماك التى تجلبها مياه نهر الأردن تموت لدى وصولها إلى البـحر الميت، ويقـع البحر الميـت على ارتفـاع ١٣٠٠ قدم تحت سطح الـبحر المتوسـط وهو بذلك أكثر المـسطحات المائيـة انخفاضا، ويـشغل البحر المـيت الجزء المنخفض من أخدود الأردن.

ويعد البترول من أهـم الموارد المعدنـية فى الـبحار والمحـيطات فى الـوقت الحاضر، وقد تكون البترول فى فترات قديمة منذ الزمن الباليوزوى من بقايا نباتات وحيوانات، وتلائم ظـروف هدوء المياه فى البحر الأسود وفيـوردات النرويج على تكون البترول، وحتى فى مناطق القارات حيـث توجد حقول بترول نجد أنها قريبة من أحـواض بحار قديـمة، ويزداد الـبحث الجيـولوجى فـى الوقت الحاضـر عن البترول فى المنـاطق غير الثابتة التى كانـت تغطيها بحار ضحلـة فى معظم الأوقات وتلك هى الأجزاء الـتى توجد ما بين الكتل الـصلبة التى تكونت حـولها القارات الحالية. ومن أمثلة هذه الأجزاء الحوضيـة الجزء الممتد بين أوروبا والشرق الأقصى ويشـغله الخـليج العـربى والبـحر الأحمـر والبحـر الأسود وبحر قـزوين والبـحر المتوسط. أما خليج المـكسيك والبحر الكاريبى فيقعان فـى حوض آخر بين أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية، كذلك يـوجد حوض داخلى بين قارتى آسيا وأستراليا، وأخيـرا، يوجد الحـوض المحاط بالـيابس فى المحـيط المتـجمد الـشمالـى، وهذه الأحواض جميـعا قد تبادلها الـيابس والماء فى فترات مـتعاقبة، وفى الفـترات التى غطاها البحر تكونت فوقها طبقات سـميكة من الرواسب، وفى مياهها عاشت حياة مائية غنية وقد انقرضت هذه الحيوانات واختلطت بقاياها بالرواسب.

وهناك كميات هائلة من البترول فى كل هذه المناطق الحوضية، ففى الشرق الأوسط توجد حقول البترول فى المملكة العربية السعودية وفى الكويت وإيران والعراق وفى الجمهورية العربية المتحدة وفى ليبيا والجزائر، وفى الخليج العربى وفى خليج السويس، وفى الحوض الواقع بين آسيا وأستراليا يوجد البترول فى جزيرة جاوة وجزيرة سومطرة وجزيرة بورنيو وجزيرة نيوغينيا. ويوجد حوالى نصف بترول الولايات المتحدة الأمريكية فى منطقة سواحل خليج المكسيك أو فى قاع الخليج نفسه، وفى أمريكا الجنوبية يوجد البترول فى جمهوريتى كولومبيا وفنزويلا فى الأجزاء الساحلية الشمالية التى تعتبر جزءا من حوض البحر الكاريبى. أما فى منطقة محيط القطب الشمالى فالدراسات قليلة، ولو أنه يوجد بترول فى بعض أجزاء ألاسكا، وفى بعض جزر الأرخبيل الكندى وفى سواحل سيبريا.

وقد اتجهت أنظار الجيولوجيين أخيرا إلى التنقيب عن البترول فى قيعان المحيطات، إذ إن كل أو معظم مناطق البترول فى الأجزاء القارية قد اكتشفت واستغلت تقريبا، ودور البحار والمحيطات يأتى بعد ذلك، ويستخرج البترول حاليا بالفعل وكما ذكرنا من عرض البحر فهناك آبار للبترول بالقرب من سواحل كاليفورنيا وتكساس ولويزيانا فى الولايات المتحدة. وقد لوحظ أن البترول فى هذه المناطق يوجد عادة بالقرب من كتل الأملاح، ويستخدم جهاز يسمى Magnetometer (جهاز قياس الجاذبية) تقاس بواسطته الاختلافات فى درجة الجاذبية المعدنية حتى يتم تحديد تلك الكتل الملحية بواسطة جهاز السموجراف المعروف وبواسطة صدى الصوت بتفجير الديناميت فى هذه الأجزاء.

وقد استخدمت هذه الوسائل جميعا على اليابس منذ وقت طويل، ولكن استخدامها فى البحر لم يبدأ إلا منذ سنة ١٩٤٥، وقد أمكن إدخال تحسينات على الماجنتومتر بحيث يقيس باستمرار إذا وضع فى مؤخرة سفينة أثناء إبحارها أو يدلى من طائرة تطير فوق سطح الماء على ارتفاع منخفض.

ولكن يجب الا يغيب عن بالنا أنه رغم كل هذه الوسائل المتقدمة فإن استخراج البترول من أعماق المحيطات والبحار ليس بالأمر الهين، فهناك صعوبات

العمق وتعرض المنشآت لفعل الأمواج والرياح ونحت مياه المحيط للمواد المعدنية المستخدمة فى عمليات الحفر والضخ وغير ذلك.

هذا من ناحية المعادن التى توجد فى مياه البحار والمحيطات أو فى أعماقها، ولكن ماذا عن البحار والمحيطات كمورد للغذاء وخاصة فيما يتعلق بصيد الأسماك وغيرها من الحيوانات، هذا ما ستتكلم عنه فيما يأتى :

*** مصايد الأسماك :**

مع ازدياد عدد سكان العالم بصفة مستمرة وبسرعة كبيرة فإن الحاجة تزداد باستمرار إلى المواد الغذائية وخاصة المواد البروتينية، ومن الواضح أن الإنسان لم يستطع حتى الآن الاستفادة الكاملة من المسطحات المائية الهائلة ومن المواد الغذائية الوفيرة التى يمكنه أن يستمدها منها. وإذا قارنا بين إنتاج البحر وإنتاج اليابس مساحة بمساحة فإننا نجد أن البحر من الممكن أن يعطى من المواد العضوية ما يفوق اليابس، غير أن ما يحصل عليه الإنسان من غذاء البحر يمثل نسبة ضئيلة من مجموع غذائه، لذلك يعتقد العلماء بأن البحار والمحيطات تمثل موردا هاما للغذاء فى المستقبل.

وأهم مصايد الأسماك فى العالم تحدد على أساس عمق المياه، أو بمعنى آخر توجد فى مناطق الأرصفة القارية، ومعروف أن الأسماك تكثر فى المناطق التى تتوافر فيها المواد الغذائية اللازمة له، وأهم هذه المواد الغذائية لغذاء الأسماك توجد فى المياه الباردة.

وأهم مناطق صيد الأسماك هى :

١ ـ الجزء الشرقى من المحيط الأطلسى الشمالى ممتدا من ساحل المغرب حتى ساحل المحيط المتجمد الشمالى حيث توجد أنواع عديدة من الأسماك وخاصة السردين.

٢ ـ الجزء الغربى من المحيط الأطلسى الشمالى خاصة حول جزيرة نيوفوندلند والولايات البحرية من كندا وسواحل نوفاسكوتشيا وعلى ساحل ولاية ماساتشوستش وهى شهيرة بصيد الحوت.

٣ ـ الجزء الشمالى الغربى من المحيط الهادى وهى شهيرة بأسماك السالمون.

٤ ـ الجزء الشمالى الغربى من المحيط الهـادى وخاصة فى منطقة بحر اليابان وبحـر أختسك وعـلى سواحـل الاتحاد السـوفيتى وهـنا يصـاد الحوت والتونة، ويعـتبر هذا الجزء من أهم مصايـد العالم قاطبة؛ لذلـك تعتبر اليابان مـن أهم دول العالم فى صـيد الأسماك، ويكون الـسمك جزءا هاما من غذاء الدول الـتى تعتمد على الأرز فى غذائـها مثل دول شرق وجنوب آسيا.

٥ ـ البحار الـقطبية وخاصـة بحر بارنتس وحـول جزيرة أيسلنـدة، وقد كان لصيد الأسماك على السواحل الغربية لأوروبا وحول جزيرة أيسلندة آثار سياسية هامـة، إذ حاولت بعض الدول أن تمد نفوذها فـوق هذه البحار لأغراض اقتصادية ومن هذه الدول بريطانيا.

وتعتبر الأسماك أيـضا موردا صناعيا، إذ تقوم على الأسمـاك صناعات هامة مثل : الـتعليب والتـجفيف والتمـليح وتجميـد الأسماك، كذلك استـخراج زيت السمك وعمل السماد من الأسماك، وعمل بعض الأدوية وغير ذلك.

ومن المعروف أيضا أن صيد الأسماك قد مهـد الطريق أمام طرق التجارة عبر البحـار والمحيطات وأدى إلى نمو الـقوى العالميـة البحرية، ويشتغل عدد كبـير من الناس فى صيد السمـك، فبالإضافة إلى الذين يعملون فى الصـيد، هناك أيضا من يشتغلون فى عمل السفن وأدوات الصـيد أو فى إعداد الأسماك وتجارتها الخارجية (King, 1965, p. 312.).

وهناك أنواع مـن الأسماك تعيش فى الميـاه العميقة وأنواع أخرى تـعيش فى المياه الـضحلة، وقد درج الإنسـان على أن يأخذ الأسـماك من البحار والمحـيطات بطريقة مخربـة، دون أن يفكر فى استزراع الأسماك فى البحـار والمحيطات بحيث تنمو هذه الموارد وتتـحسن، وقد تنبهت بعض الدول إلى هذه النـاحية وبدأت تقيم محطات بـحرية للدراسة وعمل الـتجارب، وقد قامت هذه المحـطات بزرع الأنواع الجيدة وبتوزيع الأسمـاك توزيعا جيدا، وكذلك إيجاد طرق أفضـل لصيد الأسماك وحفظها.

وهكذا نجد أن البحار والمحيطات من الممكن أن تمثل موردا اقتصاديا وغذائيا هاما يسد حاجة الإنسان من المياه إذا عذبت مياهها ومن المعادن لو استغل ماؤها وباطنها ومن الغذاء لو أحسن استغلالها.

*** إنتاج العالم من الأسماك :**

بلغ إنتاج العالم من الأسماك المحيطية عام ١٩٨٧ حوالى ٨٠,٥ مليون طن أى نحو ٨٦,٨٪ من جملة الإنتاج السمكى من كل المصادر، وكان هذا الإنتاج ٦٦,٦ مليون طن سنة ١٩٨١، أى أنه زاد خلال سبع سنوات ١٤ مليون طن بمعدل زيادة سنوية فى الإنتاج قدرها ٢ مليون طن.

ونظرا لأهمية المحيطات كمصادر للغذاء وغيره من الموارد الأخرى، فقد عقدت الأمم المتحدة عدة مؤتمرات عن قانون البحار فى الفترة من ١٩٧٣ ـ ١٩٨٢م، وقد سبق ذلك مؤتمر عن قانون البحار عقد فى مدينة جنيف بسويسرا سنة ١٩٥٨، وتعد قوانينه هى التى تحدد عمليات استغلال المصايد والأرضية البحرية، وأعالى البحار وكل ما جاء فى المؤتمرات التالية مجرد تعديلات.

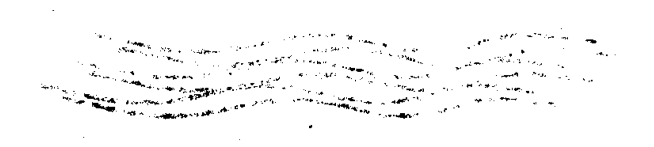
وقد حدد قانون ١٩٨٢ للدول الساحلية قواعد لإدارة عملية الصيد بما يضمن عدم استنزاف المصايد والسماح للدول التى ليس لها سواحل بالصيد فى مياه الدول الأخرى مقابل دفع رسوم معينة وهو تطبيق لمبدأ أن البحار هى ميراث شائع للبشرية (عبد الحكيم وآخرون، ص ص ١٧٦، ١٧٧).

* * *



الفصل العاشر

تلوث مياه البحار والمحيطات





مقدمة

تتعرض مياه البحار والمحيطات كغيرها من الهيئات للتلوث الزائد بسبب الأنشطة البشرية المتزايدة، وأكثر أجزاء المحيطات تعرضا للتلوث المياه الشاطئية وخاصة قرب الموانى والمدن الساحلية.

وقد يكون تلوث مياه البحار متعمدا وذلك من خلال تدفق مياه الصرف الصحى أو ما يتسرب من معامل البترول الساحلية إلى مياه البحر وغير ذلك من أسباب سوف تتضح بالتفصيل فيما بعد، وقد يكون التلوث غير مقصود كأن يتسبب عن غرق إحدى ناقلات البترول أو غير ذلك من أسباب غير متعمدة.

وتزداد عمليات تلوث البحار بشكل عام والمياه الشاطئية بشكل خاص تعقيدا وتفاقما مع زيادة وتعقد الأنشطة البشرية وخاصة مع سوء استخدام الإنسان للسواحل.

ونتيجة لذلك اتجهت هيئات عالمية عديدة ـ وخاصة الأمم المتحدة ـ للاهتمام بمشكلات تلوث البحار ومحاولة وضع حلول لها، وذلك من خلال ما تصدره المؤتمرات المنبثقة منها من قرارات وتوصيات خاصة بحماية الشواطئ التى يرتادها ملايين المصطافين وراغبى الرياضات البحرية وغير ذلك من الجوانب الترفيهية، وكذلك التوصيات المرتبطة بحماية الحياة البحرية الساحلية من الأمراض الناتجة عن التلوث والتى تنتقل بدورها للإنسان من خلال استهلاكه لها، مع الأخذ فى الحسبان أن مشكلة تلوث البحار هى فى حقيقتها مشكلة عالمية لا تخص دولة بذاتها بل تنتقل آثارها إلى كثير من سواحل العالم.

وسوف نبدأ هذا الفصل بدراسة موجزة عن أسباب تلوث مياه البحار والمحيطات ثم دراسة آثارها السلبية وطرق الوقاية ووسائل علاجها.

أولا ـ أسباب تلوث مياه البحار والمحيطات :

١ ـ نفايات المدن والمراكز العمرانية الساحلية :

تتمثل أهم هذه النفايات فى مخلفات المصانع ومياه الصرف الصحى Sewage والمواد المتخلفة عن تعميق الموانى ومصبات الأنهار (المصبات الخليجية) وغيرها، إلى جانب النفايات المشعة والنفايات الأخرى.

وتنقل هذه النفايات (الملوثات) إلى البحار بطريقة مباشرة من خلال الأنابيب أو عن طريق الضخ المباشر أو تنتقل بطريقة غير مباشرة عن طريق الصرف فى الأنهار ذات المصبات البحرية إلى جانب ذلك تنتقل كميات ضخمة من المواد الملوثة عن طريق الرياح والتيارات البحرية من موضع ساحلى إلى موضع آخر باتجاه تحرك التيار.

وجميع هذه الملوثات بأنواعها المختلفة ذات خطورة كبيرة على المياه من خلال إفسادها وتحولها إلى مياه ملوثة بسبب الأمراض القاتلة.

بالنسبة للصرف نجد على سبيل المثال أنه توجد خمس دول أوروبية تضخ مياه الصرف الصحى بشكل مباشر فى بحر الشمال ـ خاصة بريطانيا ـ والتى تضخ كذلك مخلفات صناعية فى هذا البحر تقدر كمياتها السنوية بمليونى ونصف طن، ثلاثة أرباعها تنقل فى شكل غبار عالق Suspended ashes وذلك من محطات الطاقة. وقد أدى هذا الغبار ـ الذى ينتهى إلى البحر ـ إلى حدوث نقص شديد فى أنواع بعض الأحياء البحرية مثل الرخويات وأنواع من الأسماك وخاصة على ساحل نورثمبرلاند شمالى شرقى بريطانيا.

وتشمل بعض النفايات التى تنقل إلى البحر الأحماض acids والمواد السامة التى عادة ما تأتى من مصانع الكيماويات والأدوية والنسيج.

وتعد نفايات الصرف الصحى من أكثر الأنواع الملوثة انتشارا على سواحل العالم وأكثرها تأثيرا فى تلوث مياه البحار وخاصة فى العروض الباردة مثل بحر الشمال والبحر البلطى، فعلى ساحل نورفولك ببريطانيا تضخ كميات هائلة من مياه الصرف الصحى قرب أحد الشواطئ (البلاجات) الهامة مما أدى إلى زيادة حادة فى

---

(١) Sverdup, H. U., The Oceans, New York, 1946.

تلوث مياه الشاطئ، وقد ساعد على حدوث ذلك تحرك تيار ساحلى مع ظروف المناخ السائدة.

وتتمثل أسباب زيادة حدة التلوث هنا فيما يلى :

١ - كثافة الضباب مما يقلل من قدرة أشعة الشمس على تدمير البكتريا المرتبطة بمخلفات الصرف الصحى.

٢ - إحاطة المنطقة بشطوط رملية Sand banks مما يؤدى إلى انحسار الدورة المائية Coastal-Water-Cycle قرب الشاطئ.

٣ - تؤدى الرياح الشاطئية Onshore Wind التى غالبا ما تهب خلال شهور فصل الصيف إلى تولد تيارات سطحية Surface curents تجلب معها نفايات الصرف الصحى باتجاه الشاطئ، ومن أهم ما تسهم به المصانع من نفايات تقذف بها فى المياه الساحلية النفايات العضوية من مصانع الأغذية ومعامل تقطيع الأخشاب وغيرها، ومن المخلفات غير العضوية المخلفات المعدنية والكيماوية مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ والأمونيا وكلها تفسد البيئة المائية وتقلل تماما من كفاءتها فى إعالة الحياة الحيوانية بها إلى جانب ما تسببه من أمراض للأسماك والأحياء البحرية المختلفة.

وتساهم المصانع وكذلك محطات الطاقة Power Stations بالتلوث الحرارى نتيجة لما تضخه فى البحر من مياه حارة متخلفة عن عمليات التبريد للماكينات، وتؤدى هذه المياه إلى ارتفاع درجة حرارة مياه البحر.

ومن المعروف أن سرعة عمليات التفاعل تؤدى بدورها إلى زيادة استهلاك الأسماك للأكسوجين (عبد المقصود، ١٩٨١، ص ١٣٥)، كذلك تؤثر الحرارة المرتفعة للمياه فى نسبة الأكسوجين المذاب فى الماء، حيث تضغط عليه بشدة وتطرده من الماء مما يقلل من نسبته فى المياه وحدوث ما يعرف بالتلوث الحرارى.

وتعد الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية من الملوثات الرئيسية التى تنقل عادة إلى مياه البحر عن طريق الصرف الزراعى من الحول المجاورة والتى تستخدم فيها مثل هذه الأنواع من الأسمدة الكيماوية والمبيدات وذلك من خلال تصرف الأنهار بمياه قادمة إليها من المصارف الزراعية باتجاه البحر.

وتعتبر بحيرة المنزلة من الأمثلة الواضحة للبيئة البحرية شديدة التلوث والتى تنقل إليها مياه الصرف الصحى من خمس محافظات إلى جانب ما ينقل إليها من مواد كيماوية ومعدنية كملوثات تؤدى إلى إفساد للبيئة الأيكولوجية (النظام البيولوجى) بالبحيرة، مع حدوث تلوث للمياه الساحلية البحرية عن طريق ما ينتقل إليها عبر بوغاز أشتوم الجميل وغيره من البواغيز والفتحات التى تقطع الحاجز الرملى أو باتجاه كل من قناة السويس وفرع دمياط. وقد أدى التلوث الحاد للبحيرة إلى تسمم الأسماك وتركيز مواد معدنية وكيماوية فى أنسجتها وظهور أنواع غير مرغوب فيها من الأسماك والأحياء البحرية الأخرى، وأصبحت البحيرة بيئة مهملة بعد أن كانت مصدرا رئيسيا للأسماك. ومن الملفت للنظر انبعاث الروائح الكريهة من كل موضع بالبحيرة وخاصة قرب مواقع الصرف الصحى.

٢ ـ التلوث الناتج عن البترول :

يعد التلوث البترولى من أخطر أنواع الملوثات التى تتعرض لها مياه البحار والمحيطات وخاصة المناطق الساحلية التى يرتادها المصطافون أو المستفيدون من البحر بشكل عام.

ويتم التلوث البترولى سواء بصورة متعمدة أو غير متعمدة، فعندما يحدث ضخ لمياه الخلط من ناقلات البترول فى مياه البحر فهذا نوع متعمد من التلوث، وكذلك ما يحدث من تفجر لمنصات استخراج البترول أو تفجر لأنابيب نقله أو صرف مخلفات معامل تكرير البترول أثناء الحروب يعتبر أيضا تلوثا مقصودا بهدف الإضرار بالعدو. وهذا ما شاهدناه فى حرب العراق وإيران وحرب الخليج مما أدى إلى تسبب تلوث حاد للبيئة البحرية بالخليج العربى كما سنذكر بالتفصيل فيما بعد.

أما إذا حدث التلوث نتيجة لغرق إحدى ناقلات البترول أو نتيجة لانحراف عارض لمنصات البترول أو تسرب بترولى لأخطاء فنية فكل ذلك يعتبر فى عداد عمليات التلوث البترولى لمياه البحار بدون قصد أو تعمد.

وفيما يلى اختصار لأسباب التلوث البترولى لمياه البحار والمحيطات المقصود (المتعمد منها) وغير المقصود :

- تلوث بترولى من الحقول القريبة من السواحل أو الموجودة فى منطقة الرفرف القارى.

كثيرا ما تتسرب كميات ضخمة من البترول من الحقول البحرية فى مياه البحار مثلما حدث عندما تسربت كميات بترولية ضخمة من حقول بترول إيران فى مياه الخليج العربى مما أدى إلى ظهور بقعة زيتية ضخمة للغاية أطلق عليها فى حينها «الغول الأسود» وقد تسببت هذه البقعة فى موت أنواع عديدة من الأسماك والأحياء البحرية وإصابة أنواع منها بالأمراض التى تنقل للإنسان.

وتزداد الصورة قتامة إذا ما تذكرنا أن أكبر حقول البترول فى العالم تتركز حول الخليج العربى بمساحته المحدودة (٢٢٥ ألف كيلو متر مربع) إلى جانب تركز أعداد كبيرة من مصانع ومعامل تكرير البترول فى المدن المطلة عليه مثل رأس تنورة والمنامة وأبو ظبى وغيرها، وكل هذه المصانع لها نفاياتها البترولية التى تنقل عن عمد أو غير قصد إلى مياه الخليج، وتوضح الصورة رقم (١١) أثر التلوث البترولى على شاطئ رملى على الخليج العربى. فعلى سبيل المثال نجد معامل تكرير البترول فى رأس تنورة بالسعودية تسرب كل عام إلى مياه الخليج العربى أكثر من ٢٧٠٠ طن من زيت البترول.

وفى خليج المكسيك حدث تسرب فى أحد آبار البترول البحرية الاستكشافية على بعد ٨٠ كيلو متر من الساحل، وفى محاولة لتعويمه اشتعلت فيه النيران ونتج عن ذلك اختلاط الزيوت والغازات بالمياه القريبة من القاع (عند عمق ٣٦٠ مترا) وكان ذلك بداية لأكبر تسرب بترولى فى تاريخ الاكتشافات البترولية، وقد قدرت الكمية المتسربة فى البداية بـ ٤٥٠٠ طن يوميا وعندما أغلق البئر تماما فى ٢٣ مارس ١٩٨٠ كان قد تسرب ٤٧٥ ألف طن من البترول، وقد أدت هذه الكمية إلى تلوث الشواطئ البعيدة لخليج المكسيك، بالإضافة إلى المنطقة الساحلية التى تتكون من بلاجات رملية ولاجونات مغلقة Enclosed Lagoons وجزر مرجانية.

وقد تشكل البترول فى بقعة زيتية تراوح سمكها ما بين سنتيمتر واحد وأربعة سنتيمترات بطول ٦٠ كيلو متر وعرض خمسة كيلو مترات.



صورة رقم (١١)

أثر التلوث البترولى على شاطئ رملى على الخليج العربى

وقد تعرضت المواد البترولية السطحية - الأقل كثافة - للتبخر بشكل تدريجى، بينما غاصت المواد الأثقل وزنا باتجاه القاع، وعندما وصل البترول إلى البلاجات الرملية ترسب فى شكل كور من «القار»، وقد تمت المعالجة البيولوجية لنحو ١٢٪ بالطرق الميكانيكية واحترق نحو ١٪ منها، وغاص نحو ٢٥٪ نحو القاع، وترسب على البلاجات نحو ٣٠ ألف طن (٦٪ من كميات البترول المترسبة) وقد تمت محاولات لتنظيف الشواطئ منها وذلك عن طريق تحويلها باتجاه خنادق محفورة على سطح المنطقة الشاطئة، كما تم إغلاق بعض الفتحات المؤدية إلى اللاجونات الشاطئية حتى لا يتم تلويثها وإفساد مياهها والحياة الأيكولوجية بها.

وجدير بالذكر أن الحياة الإيكولوجية بالمنطقة المذكورة آنفا قد تأثرت تأثيرا كبيرا بالتلوث البترولى، فقد تأثرت تجمعات الجمبرى - التى يشتهر بها خليج المكسيك - لعدة سنوات، إلى جانب قتل الحياة البحرية قرب البئر المنفجرة بسبب المواد السامة التى تنفثها فى المياه.

ويقدر أن ١٥,٠٠٠ كيلو متر (٢,٥٪) من جملة مساحة خليج المكسيك قد تم تلويثها وتسمم أحيائها. أما البترول الذى تسرب فى القاع - وفقا لما أظهرته الدراسات - فلم يؤثر كثيرا على مجموعات الأحياء بالقاع على عكس الحال مع الأحياء التى تعيش فى المياه الساحلية مثل سرطانات البحر (الكابوريا) Crabs وبعض الرخويات التى وضح تأثرها الشديد بالتلوث.

وهناك العديد من آثار التسرب البترولى السلبية على البيئة الساحلية فى مناطق الرفارف القارية فى منطقة الخليج العربى والبحر المتوسط وخليج السويس.

- تسرب البترول بسبب غرق بعض ناقلات البترول :

كثيرا ما تعرضت مياه البحار والمحيطات للتلوث البترولى الحاد بسبب تعرض ناقلات بترول للغرق مما أدى إلى حدوث تلوث بيئى رغم ما تم من إجراءات علاجية.

ونسوق هنا أمثلة لحوادث غرق تعرضت لها ناقلات بترول فى مناطق مختلفة من البحار :

* غرق ناقلة البترول تورى كانيون Torry Canyon فى شهر مارس من عام ١٩٦٧، وكان أول حادث تحطم لناقلة بترول، وكانت قد غرقت قرب شواطئ إنجلترا وتسربت كل حمولتها من البترول (١٢٠ ألف طن)، وقد تكونت بقعة ضخمة من البترول بامتداد الساحل الجنوبى الغربى لإنجلترا وذلك لمسافة وصلت إلى أكثر من ٣٥٠ كيلو متر.

وقد بلغت تكاليف عملية تطهير المياه من البترول نحو ٢,٥ مليون جنيه إسترلينى بأسعار ذلك الوقت. مع الأخذ فى الاعتبار حدوث تلوث بيئى بسبب استخدام المذيبات الكيماوية فى عمليات التطهير والإزالة (عبد المقصود، ١٩٨١، ص ١٣٣).

* غرق بعض ناقلات البترول خلال العمليات الحربية بين كل من العراق وإيران فى الثمانينيات من هذا القرن مما أدى إلى تلوث مياه الخليج وزيادة نسبة الزيوت البترولية به.

* غرق ناقلة بترول أرجنتينية كانت محملة بالبترول وذلك قرب السواحل الشمالية للقارة القطبية الجنوبية، وقد حدث ذلك فى أوائل عام ١٩٧٩ وأدى إلى تعرض المنطقة المحيطية الملاصقة - وهى تعد من أقل مناطق البحار تلوثا - إلى التلوث البترولى وتمير الحياة البحرية التى تتميز بها تلك المنطقة.

التلوث البترولى بمياه الموازنة :

ينتج هذا التلوث بسبب ما تلقيه ناقلات البترول من مياه الموازنة المختلطة ببقايا البترول فى الخزانات الخاصة عندما تقترب تلك الناقلات من موانى تصدير أو استيراد البترول، إلى جانب ما يتسرب من كميات بترولية أثناء عمليات الشحن والتفريغ.

التلوث البترولى نتيجة للحروب :

كثيرا ما تتعرض المنشآت البترولية وآبار البترول والناقلات إلى التدمير بسبب تعرضها للقصف أثناء العمليات الحربية؛ مما يؤدى إلى تسرب كميات ضخمة إلى مياه البحر والقضاء بالتالى على الحياة البحرية وتلوث المياه.

ومن أوضح الأمثلة على ذلك تعرض مياه الخليج العربى للتوث البترولى الحاد أثناء حرب الخليج.

ويمكننا هنا أن نسوق أمثلة للدمار الذى تعرضت له المنشآت البترولية الكويتية من جراء العمليات الحربية التى دارت على أرضها وذلك على النحو التالى:

* حدث أن فتحت القوات العراقية صمامات البترول الخام وذلك فى يوم ١٩/١/١٩٩١ وذلك على الجزيرة الصناعية لضخ البترول فى ميناء الأحمدى مما أدى إلى تسرب كميات ضخمة من بترول فى الخليج العربى.

* قامت القوات العراقية بجلب خمس ناقلات بترول عملاقة محملة بالبترول الخام من ميناء البكر العراقية وأرستها قرب ميناء الأحمدى بالكويت وقامت بإفراغ كل حمولتها فى الخليج، ويقدر أن ما تسرب منها يماثل نحو نصف كمية البترول المتسرب إلى الخليج العربى خلال الحرب المذكورة.

* مع نشوب الحرب الجوية فى ١٦/١/١٩٩١ بدأت القوات العراقية بإضرام النيران فى المنشآت البترولية وقصفت خزانات البترول فى منطقة الخانجى بالمملكة العربية السعودية مما أدى إلى اشتعالها كما أضرمت النيران فى يومى ٢١، ٢٢/١/١٩٩١ فى اثنين من محطات التكرير والتخزين فى كل من الشعبة وميناء عبد الله.

* استمرت عمليات قصف وتفجير الآبار والمنشآت البترولية حتى نهاية شهر يناير من عام ١٩٩١.

* قدر الخبراء أن تسرب البترول فى مياه الخليج الذى امتد لمسافة نحو ٧٠٠ كيلو متر على الشواطئ السعودية كان له تأثير مدمر على الحياة البحرية فى الجزء الشمالى من الخليج، وقد ظهر تأثير التلوث البترولى على بعض الثدييات التى تعيش فى مياه الخليج وخاصة النادرة منها مثل الدلفين الأحدب وخنزير البحر.

كما أن السلاحف البحرية فإنها تأثرت تأثيرا شديدا بالتلوث وجميعها معرض للانقراض حسب آراء العلماء. كما تأثرت العديد من الطيور البحرية بالتلوث البترولى.

وعلى العمرم فإنه مع تزايد عمليات التلوث البترولى، فقد ظهرت وسائل عديدة مبتكرة بهدف معالجة البقع الزيتية مثل استخدام المذيبات الكيماوية لترسيب البترول فى قاع البحر والت عادة ما تستخدم عندما تتسرب كميات كبيرة من البترول قرب الشاطئ.

كما أن هناك ويلة حرق البترول الذى يطفو فوق سطح البحر، وتستخدم العديد من الطرق الميكانيكية التى يتم من خلالها شفط البترول بواسطة أجهزة خاصة قد تكون مركبة فى بعض السفن الخاصة بذلك.

وهناك وسيلة بيولوجية وذلك عن طريق التحلل الحيوى بفعل الكائنات الدقيقة Micro Organisms بواسطة أنشطة أنزيمية تتم فى وجود الأكسوجين. ولكل طريقة من الطرق السابقة إيجابياتها وسلبياتها.

التلوث من التسرب البترولى من الآبار البحرية :

من المعروف أن هناك العديد من آبار البترول الموجودة فى قيعان مناطق الرفرف والمنحدر العارى أمام سواحل كثيرة من العالم من البترول. وتتعرض الكثير من هذه الآبار للتدمير والانفجار مما يؤدى إلى لوث مياه البحر مثلما حدث عندما انفجر بئر للبترول فى بحر الشمال وذلك فى عام ١٩٧٨، وقد استغرقت عملية غلقه حوالى ٢١ يوما دفق خلالها كميات ضخمة جدا من البترول قدرت بنحو نصف مليون طن، وفى ٣ يونيو عام ١٩٧٩ انفجرت بئر للبترول أمام ساحل المكسيك قرب خليج كامبيش بالبحر الكاريبى وقد استمر البترول يتدفق لمدة ثلاثة شهور وبلغت كمية ما تسرب منه فى مياه البحر نحو المليون طن. كذلك انفجرت منصة أحد حقول البترول السعودية عام ١٩٨٠ مما أدى إلى سرب كميات كبيرة من البترول فى مياه الخليج أدت إلى لوث قطاعات من سواحل المملكة العربية السعودية وقطر والبحرين.

وجدير بالذكر أن جالونا واحدا من البترول يمكن أن كون منه طبقة رقيقة من الزيت تغطى مساحة ١٥٠٠ متر مربع، ويؤدى تكون هذه الطبقة إلى موت البلانكتون وبالتالى التأثير على النظام الحيوى المائى، كما يؤدى تدفق لتر واحد من البترول إلى استهلاك الأكسجين الموجود فى خوالى ٤٠٠ ألف لتر من ماء البحر نتيجة لنشاط البكتريا الأكسوجينية الموجودة فى مياه البحر (عبد المقصود، ١٩٨١، ص ١٣٤)، والتى تقوم بتحليل البترول إلى عناصر أخرى يسهل امتصاصها.

ونظرا لحدوث عمليات تلوث متعمد سواء بالبترول أو المخلفات الصناعية مثل مادة الزذبق اتى تقذف بها مصانع لب الخشب وكذلك مركبات الـ D.D.T ومادة النوشادر التى تقذفها مصانع الأسمدة الكيماوية وغير ذلك العديد، فقد دفع ذلك الباحثين والهيئات العلمية للبحث والتقصى وعقد المؤتمرات والخروج بتوصيات وتقارير تنذر بالخطر الذى يهدد البشرية بشكل متزايد، حيث بدأ التحذيرات توجد فى كثير من مناطق الاطياف الساحلية معلنة عن أخطار التلوث بالمياه الشاطئية والتى يمكن أن تقنتقل من خلالها الأمراض إذا ما استغلت فى الاستحام أو الصيد.

ويعد البحر المتوسط من أوضح الأمثلة على تعرض البحار اتى تتركز على سواحلها المدن الكثيفة وتعبرها أعداد كبيرة من السفن وناقلات البترول ومن ثم فإنها تقاسى بشكل حاد من التلوث. حيث تتعدد أنواع النشاطات الصناعية بالمدن الساحلية مثل تكرير البترول والصناعات الكيماوية والنسيج وبناء السفن إلى جانب ما يلقى فيه من مياه الصرف الصحى ونفايات المدن ومياه الصرف الزراعى وغير ذلك (صبرى محسوب، ١٩٩٦، ص ٢٥).

وقد تم عقد مؤتمر بهدف إنقاذ البحر المتوسط وذلك فى مدينة برشلونة بأسبانبا عام ١٩٧٦ تحت إشاف منظمة الأمم المتحدة تلاه عقد مؤتمرات لاحقة لنفس الغرض. وقد أعلن مؤتمر برشلونة بأنه لو استمر معدل التلوث الحالى لمياه البيحر المتوسط فإنه من المحتمل أن تصبح بعد فترة تتراوح ما بين ٣٠ و٤٠ سنة على أكثر تقدير بحرا ميتا وخاصة مع وقوع أكثر من ٦٥٠ مدينة على سواحله.

وفى مؤتمر البحر المتوسط الذى عقد عام ١٩٩٥ فى مدينة برشلونة الأسبانية وحضره وزراء بيئة دو البحر المتوسط تمخصضت جلساته عن ظهور قرارات حددت ملامح وبرامج دول الحوض خلال الفترة الممتدة حتى عام ٢٠٠٥ وكذلك تمخضت عن تشكيل اللجنة الإقليمية للتنمية امستديمة وغيرها من قرارات تهدف لحماية بيئة البحر المتوسط والحفاظ عليه نظيفا بقدر الإمكان. فهذا البحر محدود المساحة نسبيا تحده سواحل يصل طولها لنحو ٣٠ ألف كيلو متر تظهر بها مئات المدن كما رأينا يمثل مرافئ هامة تزر بالعديد من الأنشطة الاقتصادية لتحويل أغلب جهاته إلى مناطفق معرضة بشكل مستمر لمخفات التوث وباذات ما يستتج عن البترول خاصة مع صغر مساحته ووضعه كبحر شبه مغلق مع حركة نشطة للتجارة الدولية عبر مياهه.

وجدير بالذكر أن هناك منطقتين من مناطق البحر المتوسط يسمح لناقلات البترول أن تلقى لها مخلفاتها من مياه الخلط الأوربي بين قبرص والساحل المصرى، والثانية تقع بين صقلية وجنوبى ساحل اليونان والساحل الليبى حيث تقدر كمية الهيدروكربونات الملقاة فى هاتين المنطقتين بأكثر من ثلثمائة ألف طن (معهد الإنماء العربي، ١٩٨٢، ص ٥٢) يضاف إلى هذا ما تلقيه قرابة خمسين مصفاة من مادة الهيدروكربونات والتى تقدر بعشرين ألف طن كل سنة إلى جانبى أن كل بئر بحرية تسرب ما مقداره ٠,٠٥٪ من جملة إنتاجه من خام البترول. ونجد على سبيل المثال أن معهد الأحياء البحرية بتاجوراء بليبيا قدر فى نشرته رقم ٢ صفحة ٦ لعام ١٩٨١ أن الوزن الكلى لكريات القار على الساحل الليبى يبلغ نحو ٢٠٠٠ طن (أبول لقمة، ١٩٩٣، ص ٢٠٧) وإن كانت السواحل الليبية أقل حدة فى تلوثها من قطاعات ساحلية كثيرة على البحر المتوسط.



الفصل الحادى عشر



التعرية الساحلية

أولاً ـ عمليات النحت الساحلية والظاهرات الناجمة عنها:

١ ـ العمليات: تتم عمليات النحت على طول السواحل وتقوى أثناء هبوب العواصف البحرية القوية (الجشنات sea surges) التى عادة ما ترتبط بحدوث أمواج مدمرة. . وتؤدى هذه العمليات إلى ظهور الجروف والأرصفة البحرية، وهناك عمليتان أساسيتان ترتبطان بتطور الجروف الساحلية تتمثلان فى التقويض السفلى وينتج عن الضغط الهيدروليكى للماء على قواعد الجروف الساحلية وكذلك بفعل النحت المائى الذى تقوم به الأمواج بما تحمله من شظايا صخرية من مختلف الأحجام حسب قوة الموجة. والعملية الثانية تتمثل فى الانهيارات الأرضية والتى ينتج عنها تراكم كميات كبيرة من المفتتات الصخرية تقوم الأمواج فى رحلة تالية بإزالتها أو استخدامها كمعاول هدم تساعدها فى عمليات النحت المائى للأجزاء السفلى من الجروف.

وعموما، تسود العمليتان السابقتان معظم سواحل الجروف ولكن بنسب مختلفة تبعاً لفعالية كل منهما والتى تختلف من منطقة ساحلية إلى أخرى حيث يتأثران بقوة بالخصائص الصخرية وبظروف المناخ السائدة.

وفيما يلى دراسة موجزة للعمليات البحرية marine - processes التى تشكل الجروف والأرصفة الشاطئية وأشكال النحت المرتبطة بها.

أ ـ الاحتجار والنحت البحرى بفعل الأمواج: الاحتجار ببساطة عبارة عن حركة جذب وسحب للمفتتات الصخرية تقوم بها الأمواج وتلقيها بعيداً عن الشاطئ وهذه المفتتات قد تكونت بفعل عمليات تجوية وانهيارات أرضية سابقة لعملية الاحتكار بفعل الأمواج w. quarrying.

وينتج عن الاحتجار رصيف ينحدر بصفة عامة نحو البحر يتميز بنعومة سطحه، وقد تظهر فوقه بعض الأشكال مثل الكدوات المنخفضة وحفر الإذابة والحفر الوعائية وغيرها

أما الحت المائى بفعل الأمواج فيقصد به تفتيت المواد الصخرية وتحطمها بواسطة الأمواج، فالحت إذن عبارة عن عملية تكسير فيزيائى للصخر المتلاحم وطحن للمفتتات بتكرار تقدم وتراجع الأمواج على طول امتداد الشاطئ.

ويؤدى الحت إلى تكوين فجوات الأمواج notches (صبرى محسوب، ١٩٩١، ص ١٠٦ - ١٤٠).

ب - **التجوية المائية**: ويتأثر بها وجه الجرف وخاصة الجزء الأسفل منه، وتحدث أيضاً تجوية ميكانيكية أثناء الجفاف وذلك بسبب النمو البلورى للأملاح وينتج عن التجوية تنقير للصخر وتحززات مختلفة الأحجام تمتد على سطح الرصيف البحرى والجزء الأسفل من الجرف. ويرتبط بالتجوية المائية كذلك عملية الإذابة وهى وثيقة الصلة بالخصائص الليثولوجية للصخر حيث تزيد آثارها فى الصخور الغنية بالكربونات أو المتلاحمة بواسطتها.

جـ - **النحت البيولوجى:** تلعب الأحياء البحرية دورا كبيرا فى تفتيت الصخور وتدميرها فى السواحل المدارية خاصة تلك الغنية بالتكوينات الجيرية. وترجع التعقيدات فى الأشكال الناتجة عن الأحياء النباتية والحيوانية بتلك المناطق الساحلية إلى تباين هذه الأحياء فى قدرتها على التشكيل وكذلك ترجع إلى اتساع رصيف النحت البحرى wave - cut - platform.

ثانياً - الظاهرات الناتجة عن عمليات النحت البحرية:

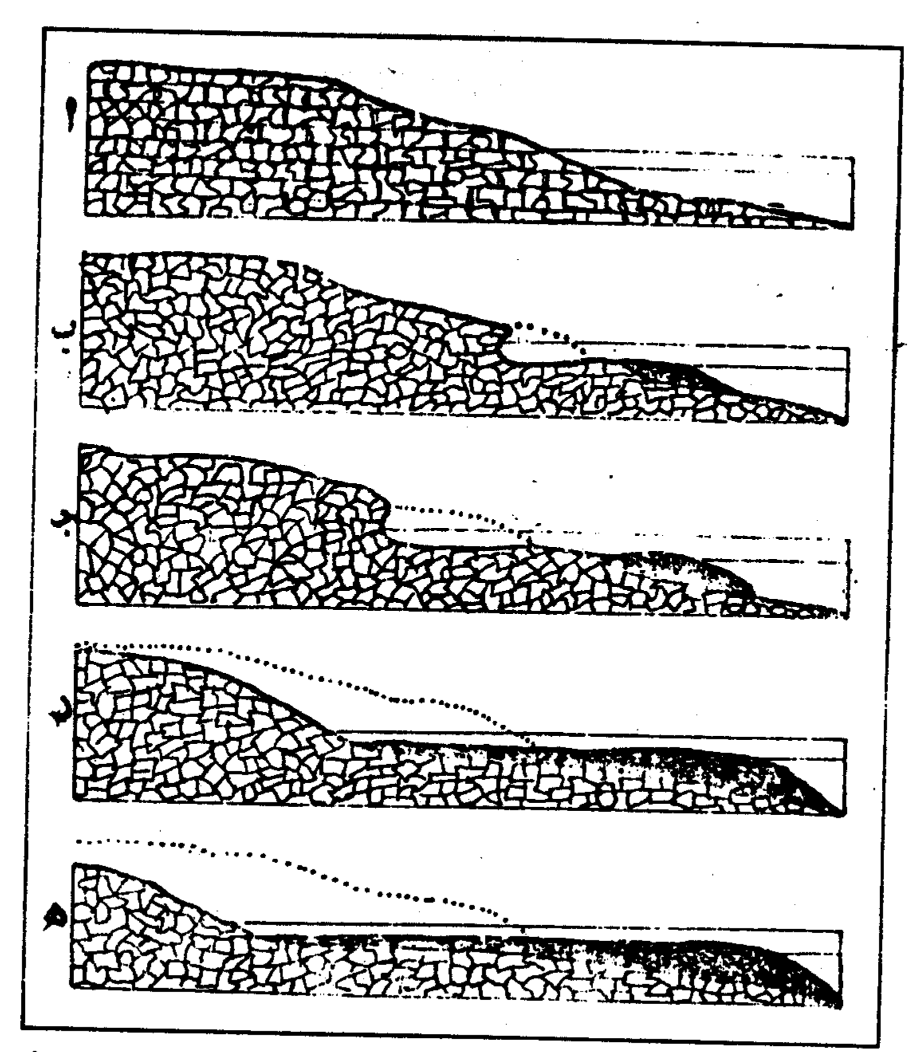
تتمثل أهم الظاهرات الناتجة عن النحت بفعل الأمواج والعمليات البحرية الأخرى فيما يلى:

١ - **الجروف ورصيف النحت البحرى**: يتضح من الشكل رقم (٢٤) المراحل المختلفة لتكون الجرف ورصيف النحت البحرى وتطورها:

أ - انحدار معتدل للساحل مع عمليات تقويض سفلى تقوم بها الأمواج.

ب - يبدأ الجرف فى الظهور والتراجع نحو اليابس مع وضوح رصيف النحت البحرى على حساب تراجع الجرف، كما يبدأ تكون رصيف إرساب بحرى كنتاج لتراكم المفتتات الناتجة عن عمليات النحت بالجرف.

جـ - مع تراجع الجرف يزداد ارتفاعه كما يزداد اتساع رصيف النحت البحرى وكذلك رصيف الإرساب البحرى wave built - Platfo rm.

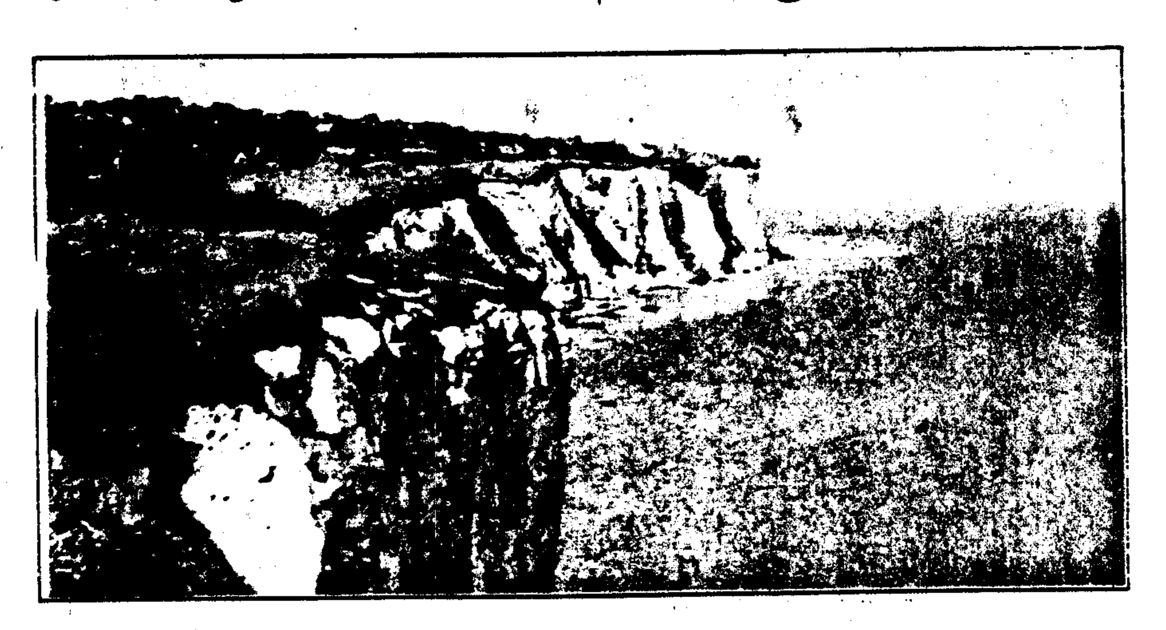


شكل (٢٤) المراحل المختلفة لتطور الجرف البحرى ورصيف الأمواج

د - تؤدى عملية التجوية والانهيارات الأرضية تخفيض إلى منسوب الجرف ويتضح فى هذه المرحلة البلاج Beach بامتداده الكبير الذى يعمل على إضعاف أثر الأمواج كعامل نحت وذلك لضحولة المياه أمام خط الشاطئ بسبب عمليات الترسيب المستمرة.

هـ - يتوقف نحت الأمواج بسبب اتساع النطاق الضحل من المياه الشاطئية ويدفن رصيف النحت البحرى رواسب الشاطئ المكونة من الرمال والحصى. وفى أغلب الأحوال يختفى الجرف فى المرحلةالأخيرة ويبدو الساحل وقد اقترب تماماً من نهاية دورة التعرية.

وقد تظهر صخور بعض الجروف فى شكل طبقات تميل تجاه اليابس والبعض الآخر يميل فيه الصخور نحو البحر وفى الحالة الأخيرة تبدو الجروف فى صورة شديدة الانحدار . وتوضح الصورة رقم (٤) جروف جيرية بساحل دوفر بإنجلترا.



(صورة رقم ٤) جروف جيرية بساحل دوفر بإنجلترا

وبالنسبة للسواحل المصرية تكثر الجروف فى بعض المناطق مثلما الحال على ساحل البحر المتوسط فى منطقة مرسى مطروح حيث تمتد العديد من الجروف على طول الساحل كجزء من السلسلة الساحلية التى تطل على البحر مباشرة فى شكل جروف بحرية شبه حائطية مثلما الحال عند منطقة الطابية القديمة التى تشرف على مدخل ميناء مرسى مطروح وجروف السيرة بساحل الضبعة.

كما تظهر الجروف على قطاعات من سواحل البحر الأحمر وخليج العقبة وخاصة فى مناطق الرءوس البحرية مثل رأس محمد والحافة الشرقية بهضبة الجلال البحرية على خليج السويس.

أما عن الأرصفة الشاطئية فعادة ما تحد الجروف الساحلية أرصفة عبر المنطقة الشاطئية وتنحدر بصفة عامة ببطء ملحوظ نحو البحر، وقد تطورت هذه الأرصفة الشاطئية واتسعت مع تراجع الجروف كما أنها قد تشكلت بفعل الأمواج وغيرها من عمليات النحت البحرية. وعادة ما تتطور هذه الأرصفة وتتسع عندما تكون صخور الساحل متجانسة فى خصائصها الصخرية والبنيوية.

ب ـ الكهوف البحرية Sea Caves:

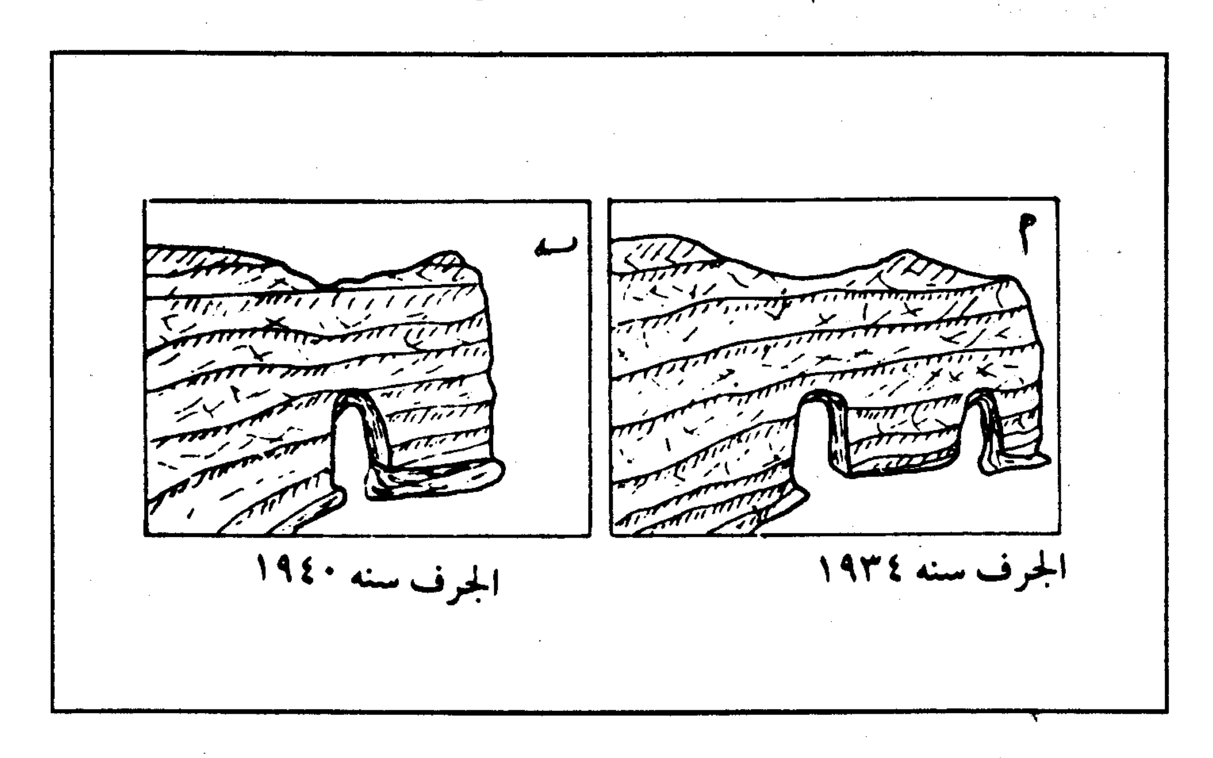
يتكون الكهف البحرى على طول منطقة ضعف عند قاعدة الجرف البحرى، وتلعب الأمواج دوراً كبيراً فى تكونها، والكهف البحرى يبدو فى شكل نفق أسطوانى cylindrical tunnel يمتد فى الجرف مقتفياً أثر خط ضعف صخرى ويبدأ قطره فى التناقص نحو الداخل، وقد تؤدى المفاصل الصخرية فى نهاية النفق إلى تكون ما يعرف بالمنافس blow holes وهى عبارة عن ثغرة علوية قد تزداد اتساعاً مع استمرار عمليات النحت والانهيار بحيث ينتهى الأمر بتكون شرم بحرى ضيق sea inlet وعادة ما تكون الصخور الجيرية من أكثر أنواع الصخور التى يمكن لمياه البحر أن تتوغل خلال مفاصلها وشقوقها وتكون حيث تتكون كهوف فى شكل ممرات إذابة نحت أرضية، على سبيل المثال كهوف بونيفاسو Bonivacio جنوب كروسيكا قد نشأت بهذه الكيفية.

جـ ـ الأقواس والمسلات البحرية Arches andStacks:

تنتج عن تطور كهفين على جانبى بروز أو نتوء بحرى ينتهى اتصالها ببعضها البعض فى النهاية بحيث يتشكل قوس طبيعى، وعندما ينهار هذا القوس تبدو نهاية النتوء البحرى كجزيرة صغيرة جداً أو ككتلة صخرية بارزة فوق رصيف النحت البحرى المغمور يطلق عليها مسلة بحرية، ومع تتابع عمليات النحت المستمرة تتلاشى كل هذه الظاهرات شكل (رقم ٢٥) وهذه المسلات البحرية قد تتعرض بدورها لفعل الأمواج من جديد إلى أن تتآكل قواعدها وتنهار أمام نحت الأمواج (أبو العينين حسن، ص، ٥٤٠). ومن هذه المسلات ماتعرف بمسلة الغرام بساحل مرسى مطروح. وتظهر أقواس بحرية على سواحل الجروف تعطى مظهرا ملفتا كما يظهر ذلك من الشكل التالى رقم (٢٦) كما يظهر من الصورة رقم (٥) قوس بحرى على سواحل تايلاند.



صورة رقم (٥)قوس بحرى على سواحل تايلاند



شكل (٢٦)) جرف باكينج أوف اليفانت بساحل فكتوريا باستراليا

ثانياً ـ الإرساب على الشاطئ والظاهرات الناجمة عنه:

١ـ مصادر الرواسب:

يتم نقل الرواسب على الشاطئ بواسطة تيار الإزاحة الساحلى والذى يختلف فى قوته وانتظامه من منطقة ساحلية إلى أخرى.

وتتمثل أهم العـوامل التى تؤثر فى حركة رواسب الشاطـئ فى هيئة الإطار الساحلى حيث يؤدى الساحل غيـر المنتظم - الذى تكثر به الرءوس البحرية - إلى إعاقـة حركـة نقل الرواسب عكس الحـال مع الساحل المنتظـم. كما أن انـحراف الأمواج المقتربة من الشـاطئ هام للغاية لحـدوث انحراف وإزاحة لـلرواسب أمام الشاطئ ويعد العـاملان السابقان أهم العوامل فى تحديد قـدرة عمليات النقل على معظم الشواطئ.

وجدير بالذكر أن رواسب الشاطئ ترتبط ارتباطا قويا بطبيعة وخصائص المواد المشتقة من الجـروف المتاخمة والقريبة من الشـاطئ إلى جانب ما يأتى من رواسب من منطقة الشاطئ الخارجى (الشاطئ البعيد) off shore.

وقـد تأتى الرمال إلـى الشاطئ بواسطة الأنـهار مـثلمـا الحال على سـاحل كاليفورنيا السفلى حـيث تتكون الشواطئ من رمال من أصل نهرى وكذلك ساحل الدلتا الشمالى فى مصر والكثير جدا من المناطق الساحلية فى العالم. ويرى البعض فى ذلك أن الأنهار تـضيف إلى البحـر من الرواسب على مسـتوى العـالم - قدر ماتضيفه عمليات النحت البحرى مائة مرة (Davies,J.L.,P. 128).

٢ - ظاهرات الإرساب الساحلية:

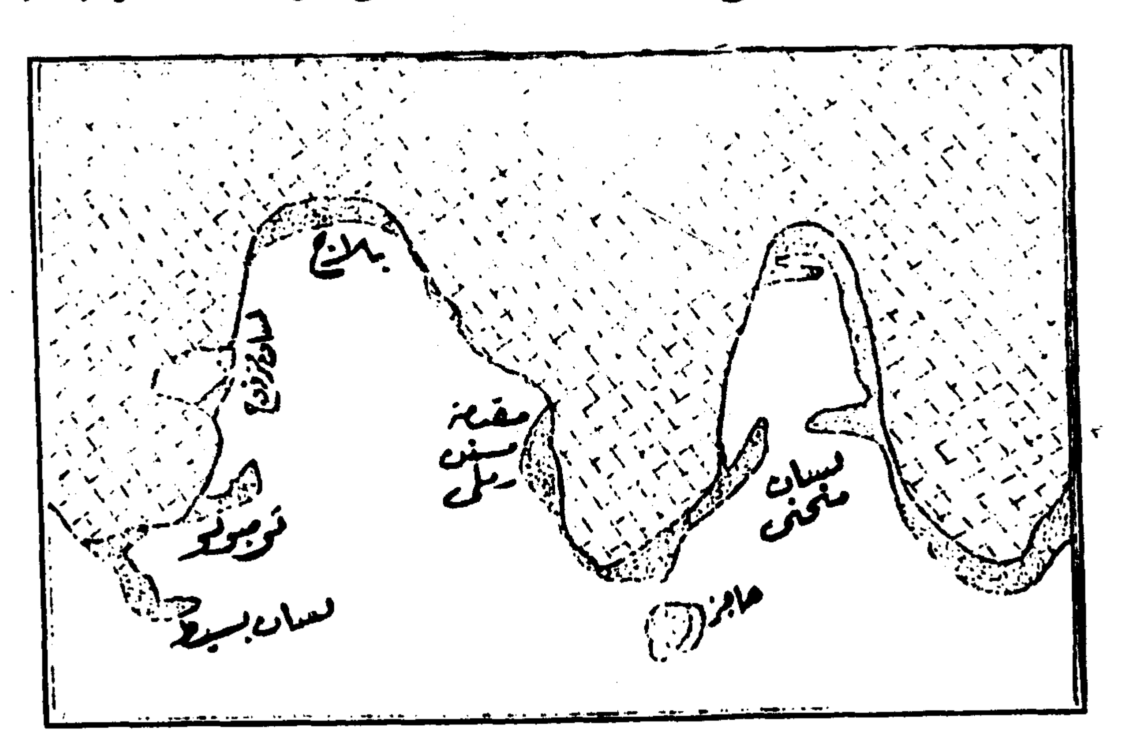
أ - الشواطئ Beaches: يقصد بها المنطقة قليلة الانحدار التى يتكون سطحها من رواسب رملية وحصوية على طول الساحل فيما بين منسوب المد الربيعى وأعلى منسوب تصل إليه أمواج العواصف البحرية storm waves.

والشكل النموذجى للشاطئ يبدو كمنطقة منحنية انحناء ضعيفاً بحيث تكون الجوانب المقعـرة منها فى مواجهة البحـر، وأما الجانب منها المواجه لليابـس فتحده كثـبان رملية تليهـا تجاه البحر منطقـة حصوية ثم منطقـة مغطاة بالرمال والمفتـتات الصخـرية مع ظهور الطحـالب وحشائش البـحر sea weeds قرب منطقـة الجزر (Monkhouse, F. J.,P. 37). راجع الصورة رقم (٦) لشـاطئ رملى منخفض على شواطئ بحيرة مطروح.

وبعض الشواطئ قد تشتمل على مساحة واسعة من الرمال لا تغطيها المياه فى حالة الجزر مثل خليج لانكشير وشاطئ لونج بيتش بولاية واشنطن الأمريكية وشواطئ شبه جزيرة فلوريدا وكثيرمن شواطئ الساحل الشمالى لمصر.

وهناك شواطئ الخلجان bay - beaches التى تتكون وتنمو عند رءوس الخلجان البحرية (شكل ٢٧). وقد كان يعتقد فيما مضى أن الشواطئ قد تشكلت بفعل تيارات بحرية قوية باكتساح الرواسب على طول الشاطئ ،ولكن الدراسات الحديثة أثبتت أن الأمواج تمثل العامل الرئيسى الذى يقوم بتشكيلها وذلك بفعل ما تولده من تيارات تعمل بدورها على تحريك الرواسب تقدماً وتراجعاً على طول امتداد الشاطئ، وإن كانت تلك الأمواج لا تستطيع تشكيل الملامح والأشكال الإرسابية التى تتكون فوق مستوى المد المرتفع.

ب ـ **الألسنة البحرية Spits**: عبارة عن ملامح إرسابية تكونت على طول الشاطئ، عادة ما تنتهى بخطاف أو أكثر يتجه نحو اليابس، وقد درست فى الماضى على أساس أنها نتجت بفعل التيارات البحرية، وإن كانت الدراسات الحديثة قد أثبتت أنها تنمو وتتطور فى اتجاه رئيسى يتمشى مع حركة انجراف الرواسب على طول الشاطئ بفعل الأمواج، وتتكون الانحناءات التى تميزها عند أطرافها إما



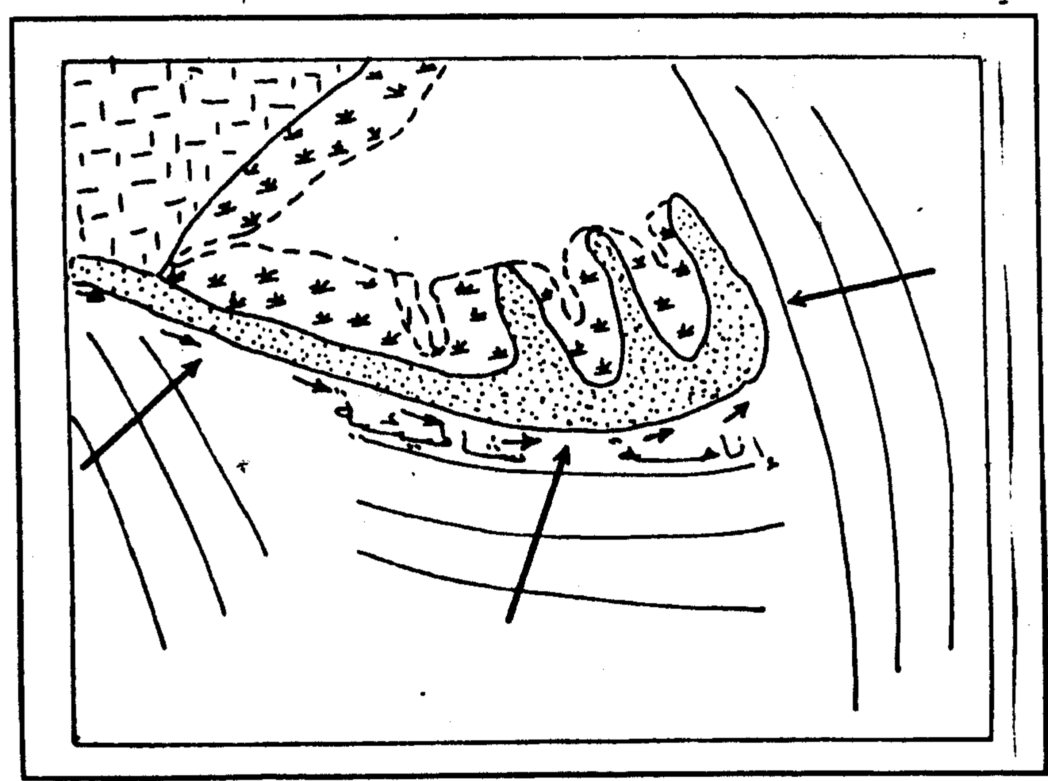
شكل (٢٧) الأشكال الإرسابية على ساحل منخفض

بواسطة أنواع من الأمواج التى تأتى من اتجاهات مختلفة أو بسبب انحراف الأمواج عند أطرافها (شكل٢٥).

فـقـد تكـون اللسـان المنحنى عنـد سـاندى هوك Sandy Hook بسواحل نيوجـيرسى الأمريكيـة من الرواسب المنحوتة والتى جرفـتها الأمـواج من الجروف المتاخـمة للساحل. ويبدو لسـان ساندى هوك ممتداً شمـالاً من مرتفعات بنسـفيك بولاية نيوجيرسى ومكونا جزءا من الخليج الذى يقع عليه ميناء نيويورك وهو مكون من الرمال التى تتجه فى تحركها شمالاً على طول ساحل نيوجيرسى بفعل التيارات الشاطئية والأمواج.

ومن الألسنة الرملية الشهيرة لسـان هرست كاسل وهو لسان حصوى طويل نشأ نتيجة لتيار إزاحة يتحرك مع اتجاه الأمواج القادمة من الجنوب الغربى.

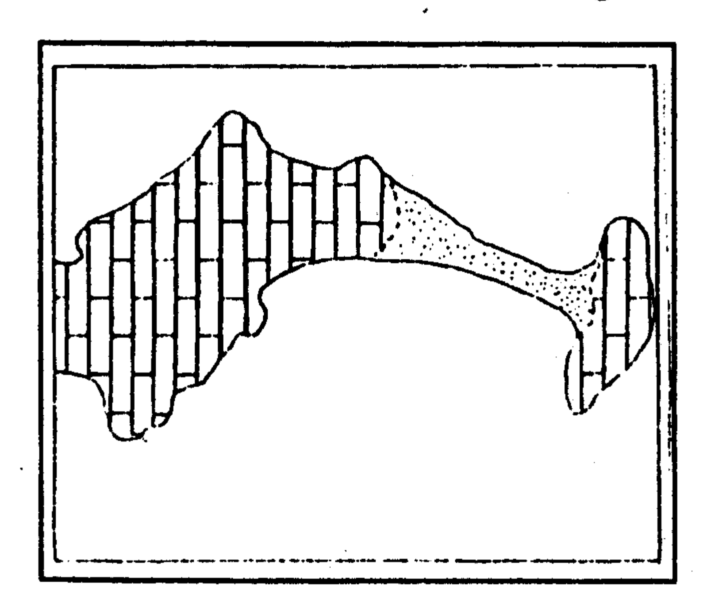
وفى مصر تنتشر الألسنة البحرية على طول امتداد الساحل الدلتاوى الشمالى أشهرها لسان دمـياط إلى الشرق من رأس دمياط حيث يسود الإرسـاب. وعموماً فإن أفـضل أمثلة للألسنة البـحرية عـادة ما توجد على شـواطئ البحـار الداخلية والبحيرات واللاجونات Lagoons راجع شكل (٢٨) الذى يبين كيفية تكون الألسنة الشاطئية.



شكل (٢٨) كيفية تكون الالسنة الشاطئية

جـ ـ التومبولو Tombolo: إحدى الظاهرات الناتجة عن الإرساب وهى عبارة عن ألسنة رملية تربط جزيرة باليابس الرئيسى وهى كلمة إيطاليـة يقصد بها التفسير سابق الذكـر. وتتمثل الظروف المثـالية الملائمة لتطور التـومبولو فى وجـود منطقة كثبان جليـدية غارقة تكثر بها الجزر مع توفر كمـيات من الرواسب تنقلها الأمواج وترسبها فى صورة حافات تربط الكثبان بعـضها ببعض. ومن أمثلة التومبولو تلك الموجـودة على الساحـل الغربى لإيطاليـا حـيث ارتبطت جزيـرة مونت ارجنتـالوا الصخرية باليابس عن طريق حاجزين من التومبولو يحصران بينهما بحيرة ساحلية.

وتوجـد ظاهرة المسننات Cuspates التى تتكون فى ظل المـضاحل أو الجـزر السـاحلية وتتـشكل بفعل الأمواج وقد تمتـد فى شكل ألسنة متوغلة فى ميـاه البحر تطورت وكبر حجمها مع تراكم حافات رملية موازية للشاطئ.



شكل (٢٩) تومبولو بشاطئ بيتش

د ـ حواجز الشواطئ: يختلف الحاجز barrier عن مفهوم الحافـة المنخفضة berm والتى تغمر بميـاه البحر عند حدوث المد المرتفع، والحواجز السـاحلية عبارة عن أشرطة ضيقة من تكوينات إرسـابية تتكون كلية من رواسب الشاطئ، والعديد منها يزيد عرضه على عـدة كيلو مترات، مع وجود قمم كثيبـة يصل ارتفاعها إلى أكثر من مائة متر فوق مستوى سطح البحر. وهناك ما يعرف بالحاجز الخليجى bay

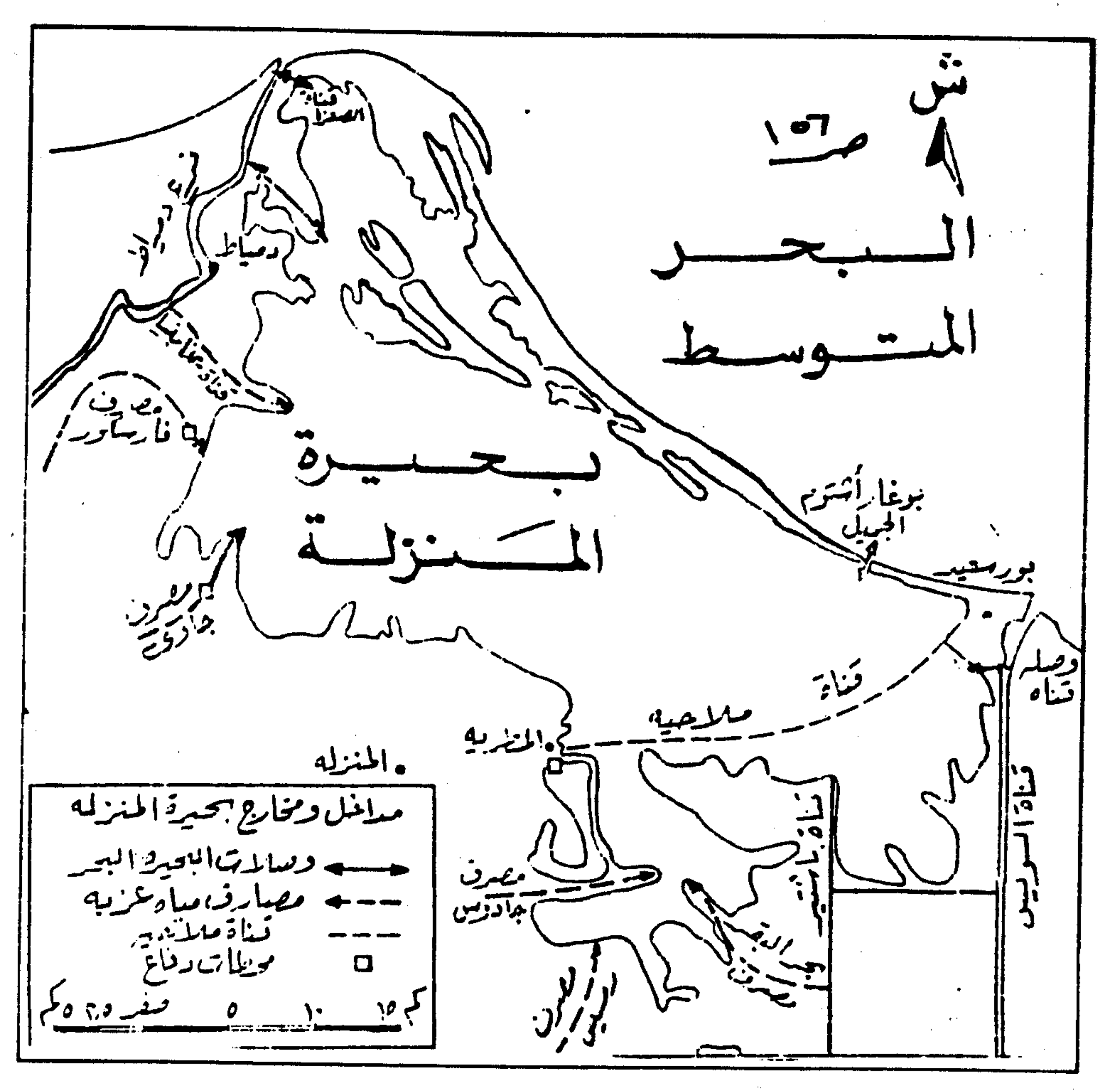
barrier ويمتد هذا النوع من الحواجز عبر أحد الخلجان مع عدم استقامة طرفيه. وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن الحواجز لم تنشأ بطريقة واحدة فهى إما قد نشأت مع تطور لسان بحرى بواسطة تيار الإزاحة الشاطئى أو عن تطور سواحل حسر، وكثير منها يتميز بتعقيده الشديد. وتستقبل الحواجز الرملية رواسبها من المناطق ـ القريبة منها أو مما تلقيه الأنهار من الرواسب.

ومن الحواجز الشاطئية فى مصر تلك الحواجز التى تفصل البحيرات الدلتاوية الشمالية عن البحر والتى تتميز بضيقها فى بعض المواضع ووجود مناطق ضعف استغلتها الأمواج وعمليات النحت البحرية وكونت الثغرات (البواغير) مثل فتحة أشتوم الجميل وفتحة بلطيم والزرانيق وغيرها شكل (٣٠).

ثالثاً ـ بعض الظاهرات الساحلية المنخفضة:

أ ـ **المصبات الخليجية**: Estuaries يقصد به المصب النهرى الذى يرتبط بظروف المد والجزر وبظروف الملوحة حيث يوجد فى منطقة الالتقاء بين مياه النهر العذبة ومياه البحر المالحة، ويبدو قمعى الشكل funnel - shaped ينفتح جهة البحر ويرتبط كثيرا بالتذبذبات المدية وأوضح الأمثلة له مصبات أنهار غرب ألمانيا ونهر السين واللوار، وتعد المصبات الخليجية بيئة إرساب نموذجية حيث تظل المنطقة المغمورة حديثاً فى حالة امتلاء مستمر (تبعاً لحجمها وعمقها ومساحتها).

ب ـ **البحيرات الساحلية** Coastal Lagoons: تنتشر العديد من البحيرات الساحلية المغلقة ـ جزئيا أو كليا ـ بالحواجز على العديد من السواحل مثل ساحل الولايات المتحدة الشرقى وساحل البرازيل الجنوبى الشرقى وسواحل غرب أفريقيا وخاصة عند أبيدجان ولاجوس وعلى أجزاء مختلفة من ساحل البحر المتوسط مثل ساحل مصر الشمالى وسواحل جزيرة كورسكيا وكذلك على سواحل البحر الأسود وساحل كرومندل بالهند والساحل الجنوبى الشرقى من أستراليا وسواحل الخليج العربى وغيرها.



شكل (٣٠)

هى ببساطة عبارة عن بحيرات ضحلة تنفصل عن البحر الرئيسى بحواجز إرسابية ويعتمد شكلها على شكل الخليج أو الشرم البحرى، وكذلك يعتمد على شكل الحواجز التى أغلقتها. (يراجع بالتفصيل فى كتاب جيومورفولوجية السواحل صبرى محسوب ص ص١٩٣ - ٢٠٠).

أما عن الفتحات أو الثغرات بالحواجز البحرية فهى فى شكلها وطبيعتها نتاج صراع مستمر بين التيارات التى تنساب خلالها وبين عمليات الإرساب التى تقوم بها التيارات الشاطئية والأمواج البانية constructive - waves، وتتولد التيارات التى تتحرك خلال هذه الفتحات بطرق مختلفة، فهناك تيارات مدية ناتجة عن دخول

مياه المد البحرى إلى البحيرة وخروجها منها أثناء الجزر وتزداد قوة هذه التيارات مع اتساع الفارق المدى. كذلك توجد تيارات ناتجة عن تدفق مياه الأنهار إلى البحيرات وخاصة بعد هطول الأمطار وامتلاء الخيران وتدفق مياهها خلال تلك الفتحات (شكل ٣٠).

وجدير بالذكر أن مواضع وأبعاد هذه الفتحات inlets تتغير بصورة مستمرة مرتبطة فى ذلك بالعمليات البحرية من نحت وإرساب أو قد يكون تغيرها بسبب المنشآت الاصطناعية مثل حواجز الأمواج. وعادة ما تقع الفتحات البحيرية على القطاعات من الشاطئ التى تكون عنه الأمواج ضعيفة نسبياً مع وجود تيارات قوية متعاقبة ومتبادلة بين البحر والبحيرة.

ويعتمد الشكل الأولى للبحيرة الساحلية على شكل الخليج أو الشرم وكذلك على شكل الحواجز التى أغلقتها، فبعض البحيرات كانت فى شكل خلجان عريضة والبعض الآخر عبارة عن أجزاء مغمورة من مصبات الأودية. وقد تضيف الحواجز الرملية جزرا الى البحيرات الساحلية.

جـ ـ السواحل الدلتاوية Deltaic - Coasts: تبنى الدالات حيث تتراكم الرواسب التى تأتى بها الأنهار عند مصباتها على السواحل والتى أغرقت أثناء الغمر الهولوسينى، وتشكل سواحلها ملامحا إرسابية مميزة على طول خط الشاطئ. وتتكون الدلتا إذا ما زادت كمية الرواسب المتراكمة فى مصب النهر عن تلك التى تنقل بواسطة الأمواج والتيارات البحرية. وقد تبنى الأنهار الصغيرة دالات محدودة على الشواطئ المحمية للبحيرات أو البحار الخالية من حركة المد والجزر.

وتعد دلتا النيل فى مصر نموذجاً للدلتا الكلاسيكية الحقيقية true - delta بنيت على ساحل البحر المتوسط حيث لا يزيد الفارق المدى عن المتر الواحد. وكانت الدلتا تتقدم شمالاً على حساب الشقة المائية الضحلة بنحو أربعة أمتار ـ سنويا ولكن توقف نموها مع بناء السد العالى ويتعرض ساحلها للتراجع بفعل عمليات النحت البحرية، وتبذل جهود متعددة للحد من التراجع وتآكل الساحل (يراجع بالتفصيل فى كتاب جيومورفولوجية السواحل، صبرى محسوب، ص ص ٢٠١ ـ ٢٠٦).

* * *



الفصل الثانى عشر

التكوينات المرجانية وأشكالها المورفولوجية

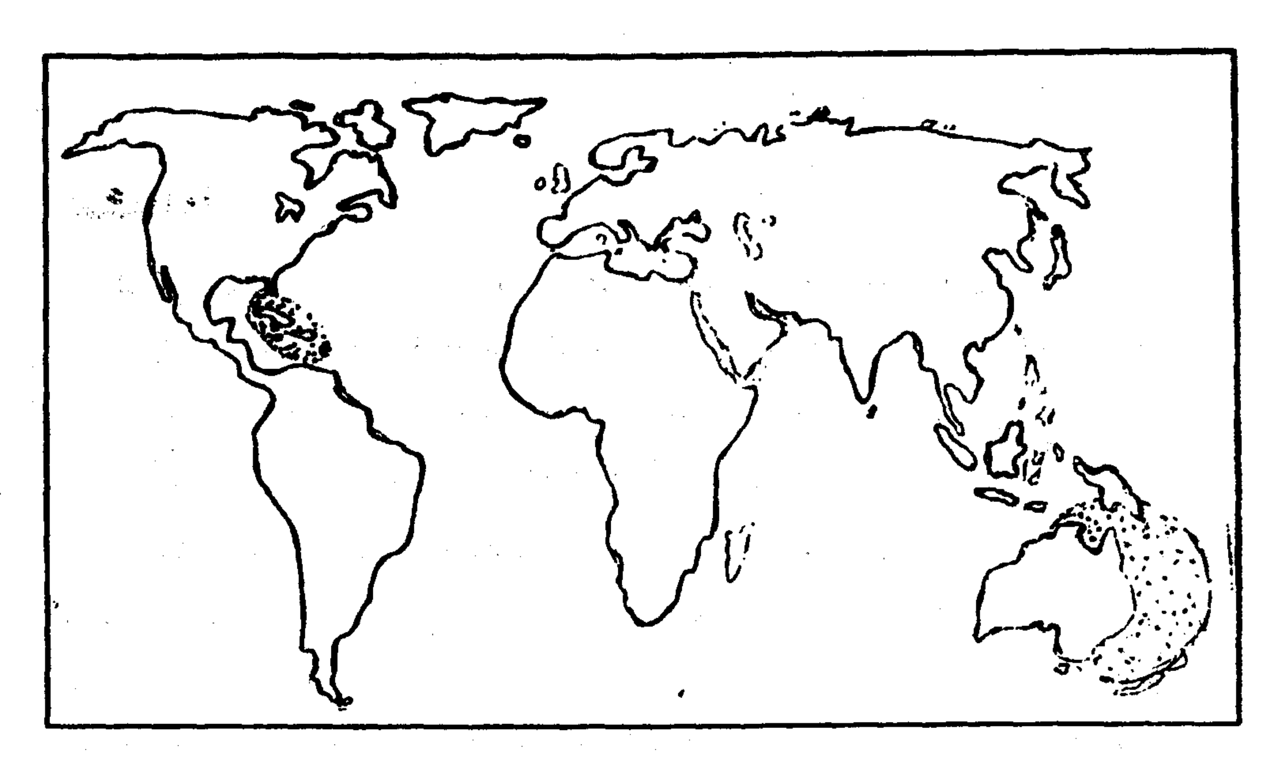
●مقدمة:

التكوينات المرجانية عبارة عن صخور جيرية من أصل عضوى بنيت أساسا بواسطة كائنات بحرية دقيقة أهمها الحيوان المرجانى، وهذه الكائنات تحصل على كربونات الكالسيوم من ماء البحر وتترسب بعد موتها فى تراكيب هيكلية غير منتظمة تنمو حولها وخلالها نباتات طحلبية دقيقة.

وهذه الكائنات الحيوانية والنباتية تعيش فى تكافل بيئى من أجل البقاء، فالطحالب تستمد غذاءها من المرجان مستخدمة ثانى أكسيد الكربون الناتج عن تنفسه فى تصنيع الغذاء بواسطة عملية التوليف الضوئى، وهذا فى المقابل يوفر موردا متجمدا من الأكسجين الذائب فى الماء والذى يستخدم فى تنفس حيوان المرجان، والأخير مع أنه أساسى فى بناء الشعاب المرجانية إلا أنه يمثل نسبة محدودة من الكائنات المكونة لها، حيث ترتبط الشعاب المرجانية فى نموها بالعديد من الكائنات البحرية الدقيقة مثل المثقبات والرخويات Mulluscs والأحياء الصدفية Shelly Organisms والتى ينتهى بها الأمر بعد موتها داخل التراكيب المرجانية الهيكلية، ومع التحلل الجزئى لها وإعادة ترسيب كربونات الكالسيوم تتكون شعابا من الحجر الجيرى الكتلى بأشكال مختلفة تتراكم على جوانبها مفتتات ناتجة من عمليات النحت بفعل الأمواج أو بفعل الحيوانات البحرية القارضة.

أولاً ـ العوامل الملائمة لنمو المرجان:

تنتشر التكوينات والأشكال فى نطاق ينحصر بين خطى عرض ٣٠ درجة شمالاً وجنوباً بالأجزاء الغربية من المحيطات الهادى والهندى والأطلنطى، بجانب ازدهارها بالبحر الأحمر والخليج العربى والبحر الكاريبى (شكل رقم ٣١).



شكل (٣١) مناطق التكوينات المرجانية الرئيسية فى العالم

وأهم العوامل المؤثرة فى نمو وازدهار المرجان:

١ ـ درجة الحرارة: تعد من أكثر العوامل أهمية فى التوزيع الأفقى للتكوينات المرجانية، ويمكن للمرجان أن ينمو فى مناطق تتراوح حرارتها ما بين ١٦و٣٦ درجة مئوية ولكن النمو الأمثل يكون عند حرارة تتراوح ما بين ٢٥ و٢٩ درجة مئوية؛ ولذلك نجد النمو المرجانى يرتبط بالبحار الدافئة.

٢ ـ الضوء: يعد الضوء هام جداً فى التحكم فى التوزيع الرأسى للشعاب المرجانية لأهميته فى عمليات التمثيل الضوئى للطحالب.

وكلما كانت المياه صافية وشفافة ساعد ذلك على تغلغل الضوء لأعماق تزيد على ٩٠ متراً تكون صافية إلى أقصى عمق يمكن للمرجان أن ينمو عنده.

٣ ـ الملوحة: تتراوح نسبة الملوحة التى يمكن للمرجان أن يتحملها ما بين ٢٧ـ٤٠ فى الألف وأكثرها ملاءمة لنموه وازدهاره تتراوح ما بين ٣٤ ـ ٣٦ فى الألف ولذلك فإن تخفيف الملاحة عند مصبات الأنهار فى البحار المدارية يفسد النمو المرجانى ويؤدى إلى تقطيع الأطر والحواجز المرجانية.

ومن الجدير بالذكر أن الملوحة الزائدة قد تفسد البيئة المرجانية وتؤدى إلى اختفاء المرجان مثلما الحال فى بعض مناطق من ساحل أستراليا.

٤ ـ خصائص الأساس الذى ينمو فوقه المرجان Sub Stratam:

عادة ما ينمو المرجان فوق قاعدة صخرية صلبة تتميز بنعومتها، كما أنه قد تنمو فوق رصيف حصوى أو رصيف من رواسب ناعمة ولكن يصعب نموه فوق رواسب متحركة ولذلك يتطلب نموه مناطق هادئة تقل بها الأمواج وعمليات التقلب الرأسى.

٥ ـ الإرساب Sedimentation:

يرتبط بالعامل السابق، والمرجان عادة لا يزدهر فى مناطق تكثر بها المواد العالقة والتى إذا ما زادت إلى حد معين يؤدى هذا إلى هلاك اليرقات وخاصة فى مراحل نموها الأولى وهذا سر اختفاء المرجان من كثير من السواحل المدارية التى تسود فيها عمليات الترسيب النهرية والبحرية مثل سواحل غرب أفريقيا.

٦ ـ حركة الماء:

حركة الماء ضرورية لازدهار النمو المرجانى بسبب أهميتها فى منع عمليات الإطماء وتوفير البلانكتون وهو الغذاء الرئيسى لحيوان المرجان كذلك تعطى حركة المياه الفرصة للتجانس الحرارى فى البيئة المرجانية وتوفير الأوكسجين.

ثانياً ـ بنية الشعاب المرجانية وخصائصها المورفولوجية:

تتعدد الأشكال بدرجة كبيرة مما جعل من الصعب حتى الآن وضع نظام عام متفق عليه لتقسيم وتصنيف أشكالها.

وليس تقسيم دارون لهذه التراكيب المرجانية إلى أطر مرجانية fringing reefs وحواجز مرجانية coral reef barries وحلقات مرجانية atolls سوى تبسيط شديد لنظام طبيعى شديد التباين والتعقيد.

وفيما يلى دراسة للتراكيب المرجانية الرئيسية وفقاً لتصنيف دارون سابق الذكر.

١ - الأطر المرجانية:

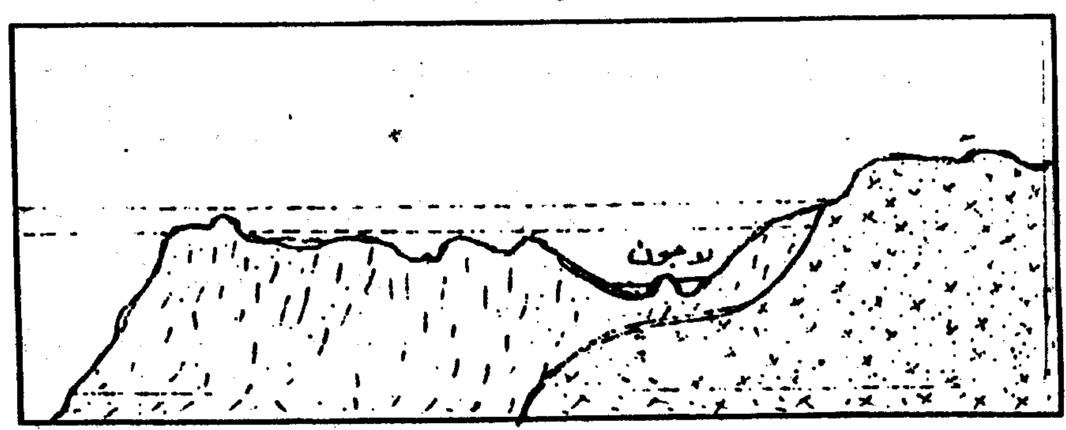
وتعد أبسط الأشكال المرتبطة بالمرجان وأكثرها انتشارا حيث توجد فى كل مناطق المرجان فى العالم وهى تنمو إلى أعلى نموا رأسيا. وأفقا تجاه البحر وعادة ما تكون ملاصقة لخط الشاطئ وتبدو فى بعض الأحيان ممثلة لخط الشاطئ نفسه (Thornbury ,W.D,.1969,P. 560).

وتبدو كرصيف مرجاني يظهر أثناء الجزر ويشبه كثيرا الأرصفة الشاطئية الممتدة أمام سواحل الجروف الجيرية وإن كانت بالطبع تختلف عنها تماما من حيث النشأة وعمليات التشكيل.

وقد تمتد الأرصفة المرجانية بصورة مستمرة أو تتقطع أمام مصبات الأنهار بسبب تغير البيئة موضعيا عند تلك المصبات مما يؤدى إلى تكوين ثغرات فى الإطار المرجانى تعد فى الأغلب مواضع هامة لإنشاء المرافئ بسبب عمقها الملائم. وتعرف هذه الفتحات على ساحل البحر الأحمر فى مصر بالمراسى حيث أنشئت بها المرافئ والموانئ الهامة مثل جمسة وسفاجا والقصير ومرسى علم والغردقة وغيرها.

ويختلف اتساع الإطار المرجانى من منطقة إلى أخرى ويتراوح هذا الاتساع ما بين بضعة أمتار وأكثر من ١٠٠٠ متر.

وأهم خصائصه المورفولوجية شدة انحدار جانبه المواجه للبحر والذى عادة مايتكون من مرجان حى ورمال من أصل مرجانى - أما بقية سطح الإطار فيتميز باستوائه النسبى مع كثرة الشقوق والفجوات نتيجة لعمليات الإذابة والنحت البيولوجى (شكل٣٢) كما تظهر على سطحه فى أحوال كثيرة مفتتات حصوية ورملية من صخور جيرية وأصداف بحرية.



شكل (٣٢) الإطار المرجانى

٢ـ حواجز الشعاب المرجانية Coral Reef Barriers

يمتد الحاجز المرجانى بعيداً عن خط الشاطئ بنحو ٣٠٠ متر يفصله عند قناة طولية تتميز بعمقها الذى لا يسمح بالنمو المرجانى ويرتفع منسوب سطح الحاجز المرجانى عن مستوى الماء عند الجزر وغالباً ما يغطى سطحه بتكوينات مرجانية ميتة ويتميز بكثرة الشقوق Fissures والتجويفات وخاصة قرب هوامشه وهو يشبه كثيرا فى ذلك الإطار المرجانى.

والحاجز المثالى لا يزيد اتساعه على بضع مئات من الأمتار وجزء محدود من سطحه هو الذى يظهر فوق مستوى البحر عند الجزر. ويمكن أن يتحول عن طريق نموه أفقياً إلى إطار مرجانى بعد أن يلتحم بخط الشاطئ وخاصة عندما تكون القناة المائية التى تفصله ضحلة بدرجة تسمح بالنمو المرجانى.

وينقسم سطحه إلى ثلاثة نطاقات (Sharma,R.C.and vatal, M.P 123) :

أ ـ نطاق الرمال sand belt : ويظهر مطوقاً للبحيرة الطولية وتنتشر فوق الشعب المرجانية للبحيرة وهى رمال من أصل مرجانى. عادة ما تختلط بشظايا مرجانية وقد يكون مصدرها من قاع البحيرة عن طريق الأمواج.

ب ـ نطاق الجلاميد: يظهر واضحا خلف النطاق (أ) ويتكون من مفتتات صخرية أكبر حجما وأقل تلاحما، وقد لعبت الأمواج الدور الرئيسى فى تراكمها ويتراوح ارتفاعها ما بين ٣ ـ ١٠م فوق مستوى البحر ويرتبط اتساعه باتساع الحاجز نفسه وكثيراً ما يختفى من الحواجز المرجانية بالبحر الأحمر.

جـ ـ المسطح المرجانى Reef Flat : يمكن تحديده بوضوح حيث يتميز بكثرة شقوقه وتجويفاته، وجزءه المستوى محدود فى مساحته ويغلو فوق مستوى البحر عند الجزر ويكون عرضة للأمواج.

وقد تختفى الحواجز المرجانية عند المد المرتفع فتكون فى هذه الحالة من مناطق الخطورة الشديدة أمام السواحل المرجانية مثلما الحال فى منطقة مضيق جوبال وسواحل البحر الأحمر الأخرى فى مصر، ولايمكن تفادى مخاطرها إلا من خلال من لهم دراية بالملاحة فى تلك المناطق إلى جانب الاستدلال بالخرائط البحرية التفصيلية والمنارات المقامة بالجزر القريبة [(١)].

(١) ما حدث للعبارة سالم إكسبريس عبارة عن ارتطام بحواجز مرجانية محيطة بالممر الملاحى الجنوبى المؤدى إلى ميناء سفاجا لعدم كفاية العلامات الإرشادية وخاصة أن الكارثة قد حدثت مساء إلى جانب سوء الأحوال الجوية ومشاكل فنية أخرى ترتبط بالعبارة ذاتها.

٣ ـ الحلقات المرجانية Atolls :

ينتشر هذا المظهر الناتج عن النمو المرجانى فى كل من المحيطين الهادى والهندى، وتبدو الحلقات المرجانية بيضاوية الشكل (على هيئة حدوة الحصان) أو قريبة من الشكل الدائرى تحصر داخلها بحيرة لا يزيد عمقها عادة على ثمانية أو عشرة أمتار وبعض هذه الحلقات كبير الحجم من جزيرة سوفادفيا المرجانية وهى إحدى جزر المالديف ويبلغ طول الحاجز المرجانى بها ١٩٠ كيلو متر وطول البحيرة الداخلية ٦٠كم.

وقد أحصى كلاود Cloud سنة ١٩٥٨ نحو ٣٢٠ حلقة مرجانية تقع كلها ضمن النطاق الهندى ـ الهادى عدا خمس فقط توجد خارج هذا النطاق (Davies,J.I.,71).

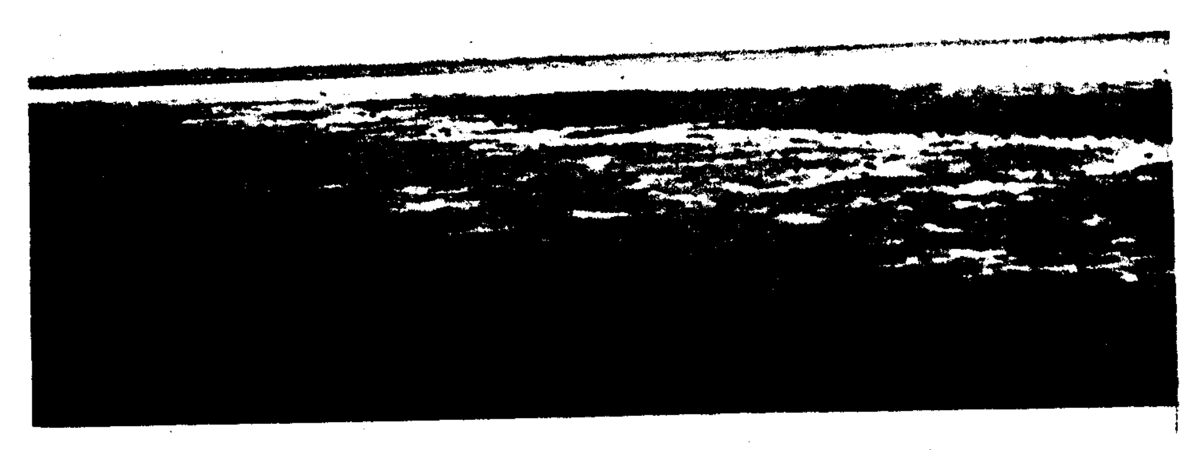
وتوجد حلقات مرجانية محيطية ترتبط بالمخاريط البركانية تقع قواعدها على عمق يزيد على ٥٥٠ مترا، بينما توجد أنواع منها رفرفية ضحلة، ويمكن اعتبار بعض الجزر المرجانية المتناثرة أمام سواحل البحر الأحمر ضمن الحلقات المرجانية الرفرفية وإن كانت ديدالوس الجزيرة الوحيدة من نمط الجزر المرجانية المحيطية لوقوعها داخل المياه العميقة للبحر الأحمر (شكل ٣٣). الذى يبين حلقة كابنجامارانجى بجزر كارولينا بالمحيط الهادى.

ثالثاً ـ النظريات الخاصة بنشأة الشعاب المرجانية:

١ ـ نظرية الهبوط Subsidence theory: وضع دارون أساس هذه النظرية سنة١٨٣٢وتم تعديلها سنة ١٨٤٢ بعد أن تأكد خلال رحلاته البحرية من أن المرجان ينمو فقط فى المياه الضحلة. وترى هذه النظرية أن المرجان ينمو إلى أعلى حتى يصل إلى مستوى سطح الماء عند الجزر، ومع هبوط السواحل المرجانية وارتفاع منسوب الماء يصبح المرجان فى أعماق بعيدة ويتمشى نموه الرأسى والأفقى تبعاً لمعدلات الهبوط، مع زيادة معدلات سرعة النمو عند الحافة الخارجية، وطبقاً لهذه النظرية فإن الحاجز المرجانى عبارة عن بقايا لخط ساحل قديم هبط تكتونيا، وأن الحلقات المرجانية فى معظمها عبارة عن أطر مرجانية تطوق جزراً قد هبطت لتتوسطها بحيرة وتتحول فى النهاية إلى حلقة مرجانية. وأن الشعاب المرجانية التى نراها هى تلك التى استطاعت أن تحافظ على نموها الرأسى مع الهبوط. أما الشعاب التى هبطت بمعدل أسرع من معدل النمو المرجانى فتظهر مغمورة عند أعماق قد تصل إلى ٩٠٠متر، وتوضح الصورة رقم (٧) بسطح إطار مرجانى يمتد أمام ساحل جزر فرسان البحر الأحمر لاحظ عدم انتظام سطح الإطار. ومما يؤخذ على هذه النظرية أنها لم توضح ما إذا كان الغمر قد حدث فجأة أم بشكل تدريجى وهل تم بصورة مستمرة أم على مراحل.

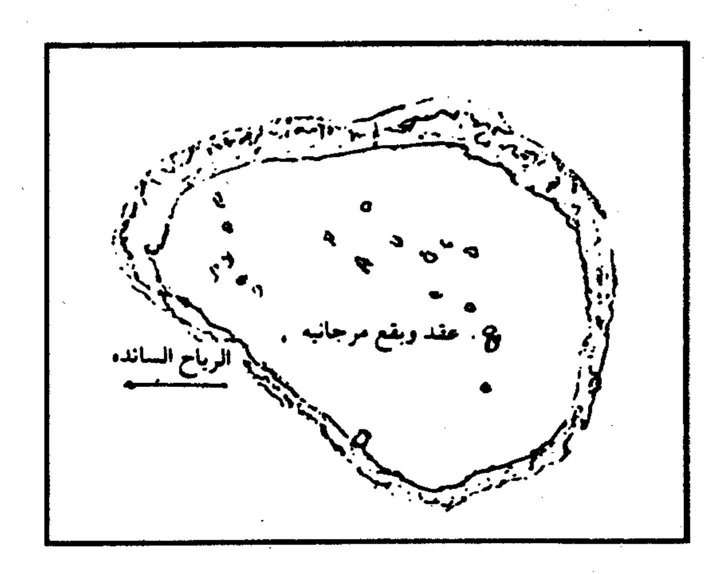


(صوره رقم ٦) شاطئ رملى منخفض على ساحل بحيرة مطروح

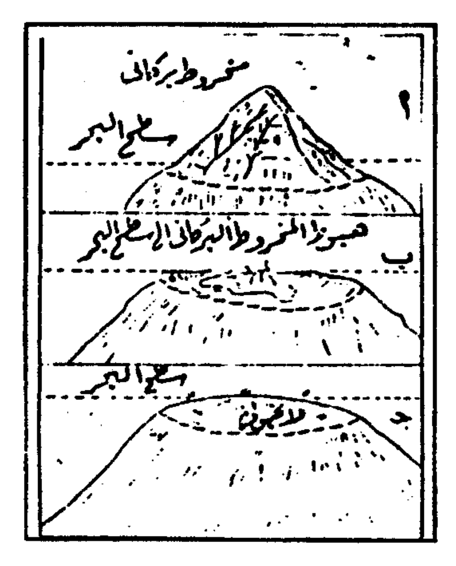


(صورة رقم ٧) إطار مرجانى أمام ساحل جزر فرسان

وعموما، فإن هذه النظرية مع بساطتها قد جذبت اهتمام الكثيرين مثل ديفيز وغيره من الباحثين (٣٤).



شكل (٣٣) حلقة كابنجامارانجى المرجانية



شكل (٣٤) تطور الحلقة المرجانية وفقا لدارون

٢ ـ نظرية عدم الهبوط Non Subsidence:

ترى هذه النظرية أن التغير فى منسوب البحر ليس ضروريا لتكوين الشعاب المرجانية والتى تكونت فوق أرصفة بحرية مغمورة. وقد قال بهذه النظرية رين Rein سنة ١٨٧٠. وأكدها ونادى بها مورى ١٨٨٠ وذلك بعد رحلاته مع سفينة الأبحاث البحرية تشالنجر (فى الفترة من ١٨٧٢ ـ ١٨٧٦) حيث وجد قمما بركانية غارقة وتغطيها رواسب جيرية وذلك فى المحيط الهادى.

وتفترض النظرية عدم حدوث تغير فى مستوى سطح البحر وثبات الأرصفة البحرية، وإن عملية البناء للشعاب المرجانية قد بدأت عندما كوّن حيوان المرجان والطحالب المرتبطة به أرصفة غارقة تشكلت بفعل العمليات البحرية في المياه الساحلية أو بفعل تراكم رواسب الشطوط الغارقة، وترى النظرية أن القنوات بين الحواجز المرجانية ما هى إلا حفر إذابة قامت بها مياه البحر بجانب نحت الأمواج لها أثناء المد البحرى.

وقد عضده لويس أجاسيز L. Agassis سنة ١٩٠٣ بتقديمه نظرية مشابهة ترى أن عملية بناء الشعاب من الممكن أن تستمر فوق الأرصفة البحرية لتظهر فوق

سطح البحر دون ضرورة لأية تغيرات فى منسوب سطحه، والمهم فى رأيه أن تكون الظروف البيئية ملائمة للنمو المرجانى وإنه ليس هناك اختلاف فى العلاقة بين اليابس والماء فى الوقت الحاضر عنها فى الفترات الماضية.

وعموما، فإن هذه النظرية لا تستند على حقائق وأدلة لتعضيدها وخاصة أن كل المحاولات الحديثة أثبتت حدوث تغيرات مؤكدة فى مستوى سطح البحر أو تغيرات فى مناسيب الشواطئ نفسها.

٣ ـ نظرية التحكم الجليدى Glacial Control theory:

اقترحها دالى .Daly,R.A سنة ١٩٥٨ وهى تربط بين التغيرات التى حدثت لمستوى سطح البحر فى البليستوسين وبين نمو المرجان حيث تأكد بأن الشعاب المرجانية قد تكونت خلال العصور الجليدية glacial periods.

وتتلخص نظريته فى الآتى:

أنه بسبب تجمد المياه فوق اليابس فى شكل ثلاجات فقد هبط مستوى سطح الماء فى البحار هبوطاً تراوح ما بين ١١ ـ ١٣متراً كما انخفضت درجات حرارة المياه ونتج عن ذلك تجمد المرجانيات.

وأن انخفاض منسوب البحر البلستوسينى كان مسئولاً عن انكشاف الشعاب المرجانية الميتة.

وعندما انتهى العصر الجليدى وارتفع مستوى سطح البحر إلى منسوبه العادى غمرت مياهه أرصفة النحت البحرى وأصبحت على عمق ٣٠ قامة تقريبا. وقد بدأ المرجان الذى لم يمت خلال فترات التجمد فى بناء هياكله على الحافة المواجهة للبحر sea - ward - edge مكوناً الشعاب الملاصقة للساحل (الأطر المرجانية). وذلك على أرصفة النحت الضيقة، بينما تكونت الحواجز المرجانية على أرصفة النحت المتبعة، كما نمت الحلقات المرجانية أيضاً فوق الهضاب الغارقة المعزولة والتى نحتت خلال الفترة الجليدية، كذلك تكونت البحيرات الطولية بين الحواجز المرجانية واليابس ويرجع تكونها إلى الهبوط المتماثل والنمو السريع للشعاب مع القدر الذى انخفض به مستوى سطح البحر، وبذلك فسرت استواء قيعان البحيرات الطولية. ويرى دالى Daly فى ذلك أن أعماق اللاجونات (البحيرات الطولية)

المغلقة بواسطة حواجز الحلقة المرجانية تظهر درجة كبيرة من التجانس والقليل منها يزيد عمقه على ٧٥ مترا (Holmes,A.,P 561) ويرى هولمز أن الشعاب المرجانية البلستوسينية قد قاست كثيرا بسبب تذبذبات مستوى البحر أكثرمن تأثرها بانخفاض درجات الحرارة.

ويرى أيضا أنه يمكن أن تنمو طبقة مرجانية سمكها ٢٠٠ متر خلال فترة الـ ١٤ ألف سنة وأن الخصائص الإسفنجية والمسامية فى المائة متر الأقدم تدل بوضوح على أن معدل نموها كان يتميز بسرعة كبيرة.

رابعا ـ التكوينات المرجانية وأشكالها بساحل البحر الأحمر فى مصر:

يعتبر البحر الأحمر من البيئات الصالحة للنمو المرجانى، وازدهاره حيث يتميز بارتفاع نسبة ملوحته التى تزيد فى بعض المناطق إلى أكثر من ٤٠ فى الألف، وتتراوح حرارة مياهه ما بين ٢١ إلى ٢٢ درجة مئوية كما لاتزيد أعماق المياه الساحلية فى معظمها على ٤٠ قامة.

وعلى ذلك نجد أن التكوينات المرجانية من أطر وحواجز وبقع وأشكال مختلفة تظهر ممتدة على طول جانبيه لمسافة أكثر من ١٣٦٠ كيلو متر. وينعدم النمو المرجانى فقط عند مصبات الأودية حيث تزيد كميات الرواسب التى تأتى بها الأودية أثناء حدوث الأمطار إلى جانب ما تأتى به من مياه عذبة تفسد البيئة المرجانية فى مواضع مصباتها.

ويعيش فى البحر الأحمر وخليجيه العقبة والسويس نحو ٧٥ نوعا من المرجانو يعد المحيط الهندى المصدر الرئيسى لها حيث تأتى عن طريق التيارات البحرية عبر مضيق باب المندب. وقد كان البحر الأحمر أكثر ازدهاراً بالنمو المرجانى فى الماضى بالمقارنة بالوضع الحالى. ويستدل كروسلاند Crossland على ذلك من خلال العديد من الأدلة متمثلة أساسا فى كثرة الشعب المرجانية الميتة وتكون القاع من الصخور الصلبة فى كثير من المستنقعات والخلجان.

وعادة ما توجد قواعد الشعاب المرجانية الساحلية بالبحر الأحمر عند أعماق تزيد على مائة متر فى معظم الأحوال مما تدل على أن الشعاب المرجانية بدأت تتكون عندما كان مستوى سطح البحر أخفض من مستواه الحالى، أو أن قاعه أعلى مما هو عليه مع الأخذ فى الاعتبار أن رواسب الشعاب المرجانية تكون قواعدها قد ترسبت موضعيا وهذا أمر كبير الاحتمال.

وأكثر مناطق النمو المرجانى ازدهارا على طول ساحل البحر الأحمر فى مصر بجانب منطقة مضيق جوبال.

١ ـ القطاع من الساحل الممتد من رأس جمسة حتى سفاجا.

٢ ـ القطاع الممتد ما بين خط عرض ٢٤،٣٥ درجة وحتى خط الحدود مع السودان (خط عرض ٢٢ درجة ش) فى الجنوب.

أما القطاع من الساحل الممتد فيما بين القطاعين السابقين فيتميز بقلة نسبية فى التكوينات المرجانية واقتصارها على شقة مائية ساحلية ضيقة تحت خط الشاطئ وربما يرجع ذلك إلى وضوح الأصل الصدعى وظهور الأعماق الكبيرة أمام الساحل مما لم يعط الفرصة لامتداد الحواجز المرجانية.

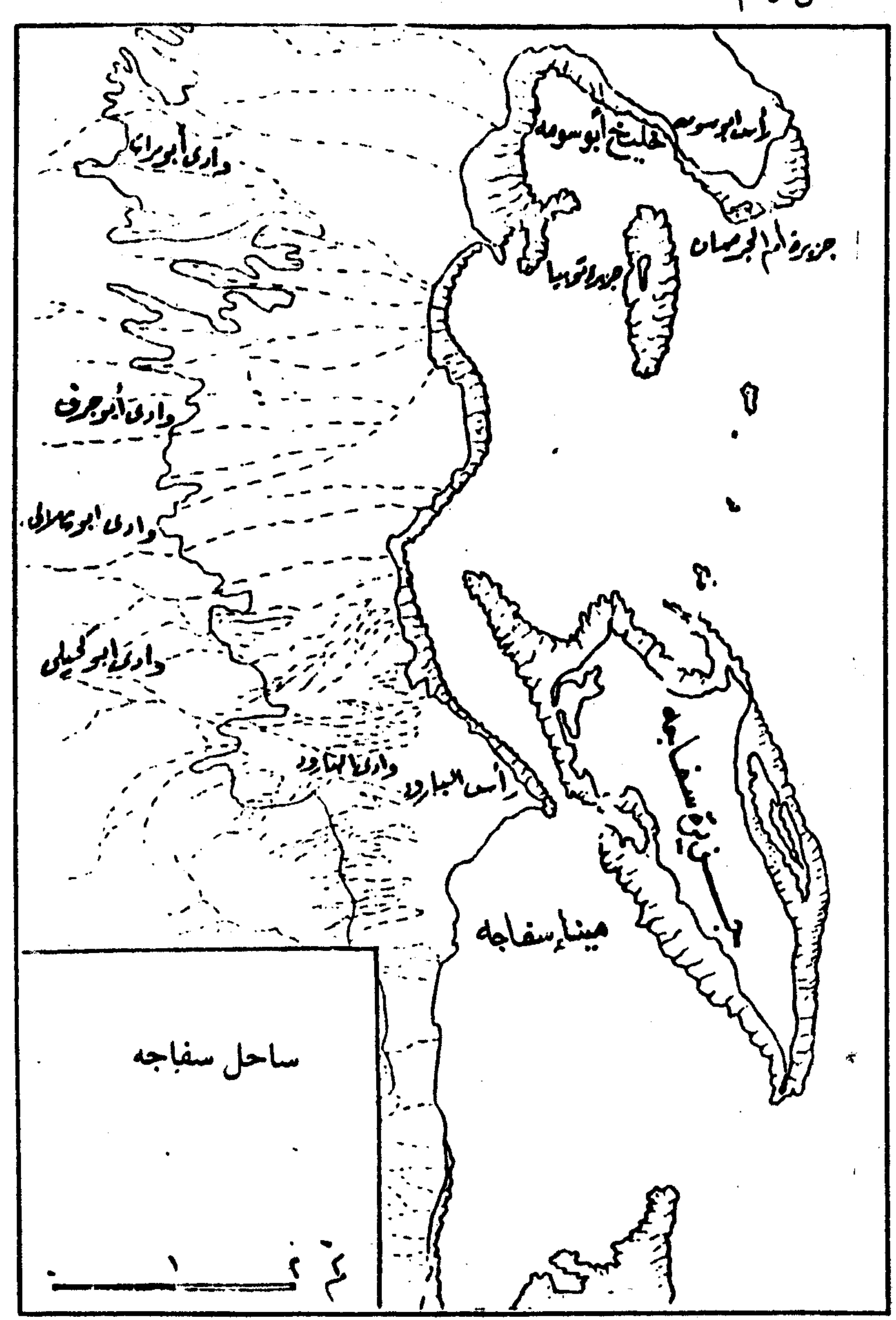
وفيما يلى شرحا مختصرا للقطاعين السابقين:

أ ـ الشعاب المرجانية والحواجز من رأس جمسة حتى سفاجا:

يتميز هذا القطاع من الساحل بكثرة الشعاب المرجانية والحواجز المرجانية والجزر وخاصة إلى الجنوب من مصب وادى العش ومن أسباب ازدهار النمو المرجانى هنا، قلة الأعماق حيث يبعد خط عمق ٢٠٠ متر مما يتراوح ما بين ٢٠ ـ ٢٥ كم من خط الشاطئ، وتمتد إلى الشرق مجموعة من الجزر ساعد انتشارها مع قلة عمق الماء فيما بينما إلى سرعة معدلات نمو المرجان على طول الساحل وحول الجزر نفسها. ومن أشهر الشعب المرجانية هنا شعب العش وأبوشعر وبارون والأخيرة تحيط بخليج جمسة ويوجد بينها وبين جمسة مرسى «كبريت» وتمتد الشعاب الساحلية من رأس مورلن لمسافة ٤٠كم جنوباً حتى رأس أبوسومة شمال ميناء سفاجا (شكل رقم ٣٥) الذى يبين طبيعة الساحل وشعابه المرجانية وما يمثل ذلك من خطر على الملاحة.

وتمتد حواجز مرجانية بعيدا عن خط الشاطئ بمسافات تتراوح ما بين بضع مئات من الأمتار وعدة كيلو مترات فى صفوف ممتدة أو فى شكل جزر وشطوط منخفضة ومبعثرة تحول دون وصول المراكب والسفن إلى الشاطئ إلا من خلال ممرات ملاحية محدودة على الخرئط ووجود هذه الشطوط والحواجز من الأمور التى تزيد من صعوبة الملاحة وتجعلها محفوفة بالمخاطر وليس حادث العبارة المصرية

«سالم إكسبريس» ببعيد حيث تعرضت للاصطدام بالشعاب المرجانية الحاجزية أثناء عبورها إحدى الممرات الملاحية فـيها وهو الممر الجنوبى على بعد ٢٣ كم من ميناء سفاجا (شكل رقم ٣٥).



شكل (٣٥) الشعاب المرجانية والجزر أمام ساحل سفاجا

ب ـ أما القطاع الممتد من خط عرض ٤٥َ، ٢٤ حتى خط عرض ٢٢ درجة ش فيتميز أيضا بازدهار النمو المرجانى بأشكاله المختلفة، حيث توجد على طول الساحل المواجه لوادى عذير سلسلة من الشعاب المرجانية ممتدة فى موازاة الساحل حتى رأس بغدادى ومنها شعاب الغدير التى تمتد لمسافة ٧ كم من جزيرة وادى الجمال.

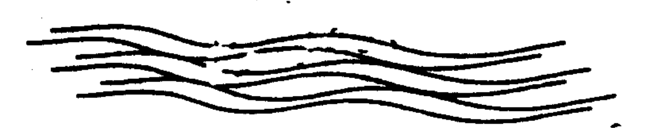
وإلى الجنوب الشرقى من رأس بغدادى حتى رأس بناس تمتد الجزر والأشكال المرجانية لمسافة ٨٦كم. وتظهر الشعاب المرجانية قرب رأس بناس ممتدة لمسافة ١٠كم داخل البحر وتنتشر كذلك بشكل كثيف داخل خليج فول فيما بين الجزيرات المنتشرة داخله.

يمكن الرجوع بالتفصيل إلى كتاب جغرافية الصحارى المصرية، الجزء الثانى للمؤلف، ص ص ٩٠ ـ ١٠٠.

* * *



الفصل الثالث عشر



تصنيف السواحل

لا يوجد - حتى - الآن تصنيف كامل بالنسبة للأشكال الساحلية، وقد يرجع ذلك فى جزء منه إلى الاعتقاد الكامل من جانب العديد من الدارسين فى التصنيف القديم القائم على أساس النشأة genetic classiffication والتغاضى عن غيره من التصنيفات الوصفية الأخرى.

وفيما يلى اختصار لبعض التصنيفات الرئيسية للسواحل:

١ - تصنيف جونسون سنة ١٩١٩:

يعتمد هذا التصنيف على النشأة وتقسم فيه السواحل إلى أربع فئات:

أ - خطوط الشواطئ الناتجة عن الغمر Submergence

ب - خطوط الشواطئ الناتجة عن الحسر Emergence

جـ - الشواطئ المحايدة وهى الشواطئ التى ترتبط بأشكال ليس لها علاقة بعمليتى غمر البحر للسواحل وانحساره عنها ولكنها ترتبط بعمليات الترسيب أو بالحركات التكتونية مثل شواطئ الدالات وشواطئ السهول الدلتاوية وشواطئ الردش الجليدى والشواطئ البركانية وشواطئ الصدوع.

د - الشواطئ المركبة: وترجع إلى تعرض الساحل لأكثر من عملية من العمليات التى أوجدت سواحل الفئات الثلاث السابقة.

وتكمن صعوبة تطبيق هذا التصنيف فى اقتصاره على منطقة خط الشاطئ والذى من المعروف أنه يتغير بشكل مستمر إلى جانب أن العديد من السواحل تتضمن ظاهرات ناتجة عن حسر بحرى أعقبه رفع مستوى البحر فى فترات ما بين الجليد، إلى جانب ظاهرات تدل على الغمر البحرى الهولوسينى، كما تظهر فى نفس الساحل بعض الملامح المحايدة جنبا إلى جنب مع ظاهرات الحسر والغمر بدرجة جعلت معظم السواحل تقع فى الفئة الرابعة من التصنيف والخاصة بالسواحل المركبة compound coasts.

ونتيجة لذلك نرى جونسون يذكر أن التصنيف يعتمد على أكثر الظاهرات وضوحا على الساحل. وقد اقترح جونسون بعض الخصائص المميزة لخطوط شواطئ الغمر منها امتداد مصبات أودية مغمورة بمياه البحر مع وجود الأجزاء المرتفعة منها بارز فوق مستوى سطح البحر.

وتتميز سواحل الحسر وفقاً لجونسون ببساطتها مع امتداد حواجز رملية فى منطقة الشاطئ الخارجي والتى تتميز بضحولتها بسبب انحسار مياه البحر وخاصة على السواحل قليلة الانحدار.

٢ ـ تصنيف شيبرد Shepard - Classification :

وضع سنة ١٩٤٨، وهو تصنيف أكثر دقة من التصنيف السابق حيث حدد خلاله فروقا أساسية بين السواحل التي تشكلت بواسطة عوامل غير بحرية وتلك التى يتم تعديلها لتأخذ شكلها الحالى بفعل النحت البحرى. ويعتمد هذا التصنيف على أساس النشأة مع وجود تفصيلات تعتمد على الوصف. وفيما يلى اختصارا لتصنيف شيبرد:

أولاً ـ السواحل الأولية (الشابة): ترتبط فى الأساس بظاهرات ترجع إلى عمليات غير بحرية.

وتتمثل فيما يلى:

١ ـ **سواحل تشكلت بفعل عمليات نحت هوائية** ثم غمرت مع ارتفاع سطح البحر أثناء الهولوسين أو بسبب هبوطها.

أ ـ مصبات الأودية النهرية الغارقة (سواحل الريا Rias).

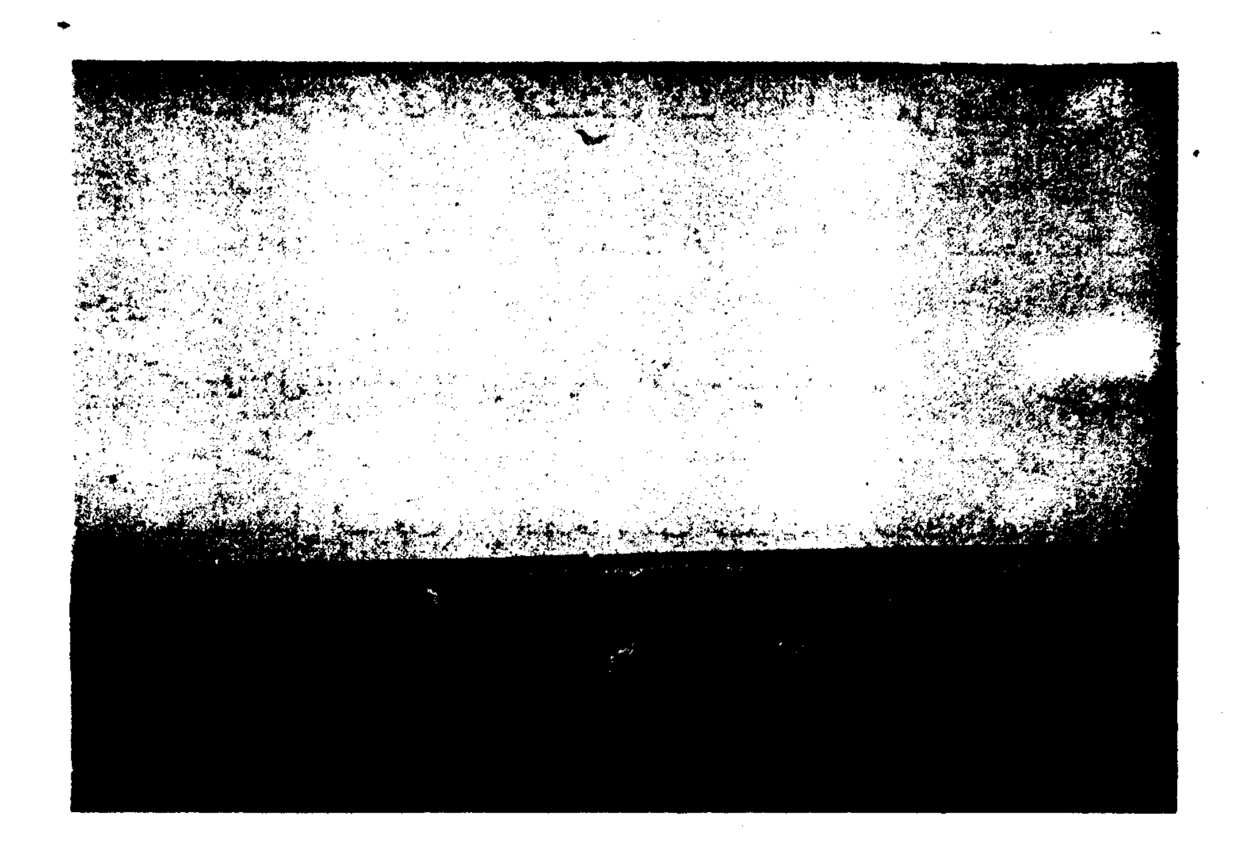
ب ـ مصبات الأودية الجليدية الغارقة (سواحل الفيوردات).

٢ ـ **سواحل تشكلت بالإرساب:**

أ ـ سواحل الإرساب النهرى (سواحل الدالات. سواحل السهول الفيضية).

ب ـ سواحل الإرساب الهوائى.

جـ ـ سواحل الإرساب الجليدى (سواحل الركامات الجليدية المغمورة غمرا جزئيا moranic coasts ـ سواحل الكثبان الجليدية المغمورة غمراً جزئياً drumlin coasts.



(صورة رقم ٨)

ساحل مرجانى بجزر فرسان تنمو فوقه نباتات المانجروف الفقير

د ـ سواحل المانجروف

٣ ـ سواحل تشكلت بالنشاطات البركانية:

أ ـ سواحل الإرساب البركانى (سواحل طفوح اللافا).

ب ـ سواحل الخلجان المقعرة التى تكونت بواسطة الانفجارات البركانية.

٤ ـ سواحل تشكلت نتيجة للحركات الأرضية:

أ ـ سواحل نتجت عن عمليات التصدع.

ب ـ سواحل نتجت عن عمليات الالتواء.

ثانياً ـ السواحل الثانوية (الناضجة):

وهى التى نتجت عن عمليات بحرية أساسا:

١ ـ سواحل تشكلت بفعل عمليات النحت البحرى :

أ ـ سواحل الجروف التى أصبحت أكثر انتظاما بفعل عمليات النحت البحرى.

ب ـ سواحل الجروف التى أصبحت أقل انتظاماً نتيجة لعمليات النحت البحرى.

٢ ـ سواحل تشكلت بفعل عمليات الإرساب البحرى:

أ ـ سواحل أصبحت أكثر انتظاما نتيجة لعمليات الإرساب البحرى.

ب ـ سواحل أصبحت أقل انتظاما بسبب عمليات الإرساب البحرى.

ج ـ سواحل تمتد أمامها حواجز رملية فى منطقة الشاطئ البعيد.

د ـ سواحل ترتبط بالشعب المرجانية.

وقد تم تعديل هذا التصنيف على يد واضعه (شيبرد) وذلك فى سنة ١٩٦٢ حيث أضاف على سبيل المثال سواحل طوبوغرافية الكارست فى الفئة (جـ) (٢) (أولاً) كذلك أضاف فئة أخرى (جـ) (٤) (أولاً) لسواحل القباب الملحية salt domes والمسطحات الطينية. كذلك عدل من السوحل الثانوية لتصبح كالآتى:

سواحل تشكلت بفعل الإرساب البحرى:

١ ـ سواحل حواجز

٢ ـ مقدمات المسننات الرملية.

٣ ـ سهول الشواطئ.

٤ ـ المسطحات الطينية والمستنقعات.

وأضاف فئات أخرى كما يلى:

١ ـ سواحل الشعاب المرجانية.

٢ ـ سواحل التكوينات العضوية الأخرى.

٣ ـ سواحل المانجروف.

٤ ـ سواحل حشائش السبخات.

والواقع أنه بالنظر لتصنيف شيبرد السابق والتعديل الذى تم عليه سنة ١٩٦٢

يتضح مدى الصعوبة فى وضع تصنيف جامع مانع للسواحل، وتكمن الصعوبة الرئيسية أيضاً فى تحديد المرحلة التى ينتقل فيها الساحل بعد تعديله بواسطة النحت البحرى - من المجموعة الأولى إلى المجموعة الثانية. إلى جانب أن العديد من السواحل تقع فى أكثر من فئة واحدة.

فعلى سبيل المثال نجد أن سواحل الحواجز تدخل ضمن سواحل الإرساب البحرى رغم تأثرها الكبير بالإرساب الهوائى. كما أن سواحل الإرساب الفيضى قد تتشكل فى صورة جروف بفعل النحت البحرى.

ومن المشاكل التى ارتبطت بالتعديل أيضاً أنه وضع فئات وصفية تحت عناوين رئيسية للنشأة.

٣ - تصنيف كوتن Cotton سنة ١٩٥٢:

يتضح فى هذا التصنيف أثر التكوينات فى تشكيل السواحل ولذلك فهو يحدد بوضوح الفرق بين السواحل الثابتة stable coasts والسواحل غير الثابتة حيث لم تتأثر الأولى بالحركات التكتونية خلال الزمن الرابع على العكس من الثانية والتى ما زالت تتأثر بالحركات الأرضية.

وفيما يأتى اختصار لهذا التصنيف:

١ - سواحل الأقاليم الثابتة وقد تأثرت كلها بعمليات الغمر البحرى الحديث:

أ - سواحل تسودها ملامح مورفولوجية نتجت عن الغمر الحديث.

ب - سواحل تسودها ملامح مورفولوجية موروثة من فترات الحسر المبكرة.

جـ - سواحل الفيوردات والسواحل البركانية وغيرها.

٢ - سواحل الأقاليم غير الثابتة وقد تأثرت بحركات الرفع والهبوط التكتونى إلى جانب تأثرها بطغيان البحر حديثا.

أ - سواحل لم تتأثر بالغمر البحرى.

ب - سواحل أدى رفعها تكتونيا إلى انحسار البحر عنها حديثا.

جـ - سواحل الالتواءات والصدوع.

د - سواحل الفيوردات البركانية.

ويلاحظ من هذا التصنيف أنه يشبه تصنيف جونسون بحيث يمكن تحديد أنماط السواحل على اساسه من خلال تحليل وتتبع عمليات الغمر والانحسار البحرى.

٤ ـ تصنيف فالنتين Valentin Classifcation سنة ١٩٥٢ :

ويحدد هذا التصنيف سواحل التقدم وسواحل التراجع حيث ذكر فيه بأن تقدم السواحل قد يرجع إلى الانحسار أو التقدم والانتشار بواسطة عمليات الترسيب، أما التراجع فيرجع إلى غمر الساحل أو التقهقر بفعل عمليات النحت البحرى.

وقد وضع فى البداية نظاما لتصنيف السواحل يمكن أن يطبق على خريطة للعالم بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠,٠٠٠ بمعنى أن هذا النظام فيه تعميم وأن الهدف الأساسى فيه يتمثل فى إبراز السمات العامة لسواحل العالم ويتمثل هذا التصنيف باختصار فيما يلى:

١ ـ سواحل متقدمة:

أ ـ بسبب انحسار البحر عن الساحل ينكشف الساحل.

ب ـ سواحل ترجع إلى إرساب عضوى (سواحل المانجروف وسواحل الشعاب المرجانية).

جـ ـ سواحل نتجت عن إرساب غير عضوى.

د ـ ترسيب بحرى فى حالة ضعف المد والجزر مثل سواحل البحيرات والحواجز والحافات الكثيبية وسواحل الدالات.

٢ ـ سواحل متراجعة:

أ ـ سواحل نتجت عن غمر أشكال الأرض الجليدية :

- سواحل الفيوردات المرتبطة بالنحت الجليدى.
- سواحل لاترتبط بالنحت الجليدى (الفياردات).
- سواحل إرساب جليدى.

ب ـ سواحل ترجع إلى غمر البحر لأشكال أرض ساحلية نحتت بواسطة الأنهار.

جـ - سواحل تكونت على تراكيب التوائية حديثة مثل سواحل الخلجان المرتفعة.

د - سواحل نتجت عن النحت البحرى (الجروف).

لوحظ من التصنيف السابق لفالنتين Valintin أنه يركز على النشأة فى بعض الفئات وعلى الوصف فى فئات أخرى.

أنماط من سواحل العالم وفقا لتصنيف فالنتين حسب الترتيب المذكور سابقا:

١ - السواحل الناتجة عن انحسار البحر، منها السواحل الجنوبية لخليج هدسن بكندا حيث ظهر اليابس مع ذوبان الجليد.

٢ - سواحل المانجروف وتوجد على الخلجان الممتدة على السواحل المدارية وخاصة حول المصبات الخليجية مثل سواحل شرق أفريقيا وقطاعات كبيرة من ساحل الهند وبعض أجزاء من ساحل البحر الأحمر فى مصر قرب الغردقة وعند رأس محمد بسيناء.

٣ - السواحل المرجانية مثل سواحل البحر الأحمر وساحل كوينزلاند بأستراليا وسواحل الخليج العربى والبحر الكاريبى.

٤ - سواحل حواجز البحيرات والحافات الكثيبية وقد تطورت هذه الأنماط من السواحل مع مناطق عديدة من سواحل شرق أستراليا وساحل خليج المكسيك بالولايات المتحدة سوحل الشمالى لمصر.

٥ - سواحل المسطحات المدية وسواحل الجزر الحاجزية مثل سواحل هولندا وألمانيا والدنمارك على بحر الشمال.

٦ - السواحل الدلتاوية مثل سواحل دلتا النيل فى مصر والمسيسبى فى الولايات المتحدة الأمريكية والفولجا ببحر قزوين بروسيا.

٧ - سواحل الفيوردات مثل سواحل النرويج وكولمبيا البريطانية وساحل شيلى الجنوبى الغربى.

٨ - سواحل النياردات Fiards وتوجد على سواحل البحرالبلطى وساحل كندا الشمالى.

٩ ـ سواحل الخلجان المرتفعة مثلما يوجد على الساحل الغربي للولايات المتحده الأمريكية وبعض سواحل البحر المتوسط وخاصة سواحل اليونان وتركيا.

١٠ ـ سواحل الريا تتمثل في سواحل جنوب إيرلندا وجنوب شرق إنجلترا وشمال غرب أسبانيا.

١١ ـ سواحل الخلجان الصدعية مثل بعض سواحل البحر الأحمر وغرب الهند وسواحل هضبة بتاجونيا بالأرجنتين.

١٢ ـ سواحل الجروف: وهي واسعة الانتشار مثل الساحل الأسترالي الجنوبي وسواحل عمان في منطقة رأس مسندم وساحل منطقة عجيبة على البحر المتوسط في مصر.

وجدير بالذكر أن تصنيف فالنتين قد وضع في الاعتبار تغير منسوب كل من الماء واليابس ويعبر عنه بتفاعل الحركات الرأسية (الحسر والغمر) والحركات الأفقية (متمثلة في النحت والإرساب).

* * *

معلومات مختصرة من أبرز المعالم والسمات الأوقيانوغرافية

أولا ـ الأعماق المحيطية الرئيسية :

جدول (٩) الأعماق[1] المحيطية الرئيسية

الاسم	الموقع	المساحة بالميل٢	اقصى عمق
موري	وسط شمال المحيط الهادى	١,٠٣٣	٣٥٤٠
اليابان	قرب السواحل الشرقية	٩,٨	٤٦٥٥
تونجا	وسط شمال الهادى	٦١٣	٥٠٢٢
سواير (الفلبين)	شمال غرب الهادى	٥٥٠	٤٧٦٧
تيزارد	جنوب الأطلنطى	٤٦٨	٤٠٣٠
ماريان	شمال الهادى	١٢٦	٥٢٦٥
شن Shun	شمال الهادى	١٥٩	٣٣١٨
موسيلي	شمال الأطلنطى	٢٧٩	—
جيفري	شرق الهادى	٢٢٨	٢٨٢٨
سوندا	شرق المحيط الهندى	٨٨٣	—

(١) يقصد بالأعماق مناطق حوض واسعة تكون أخفض منسوبا من المنطقة المحيطة بها وكثيرا ما تتضمن داخلها خوانق بحرية غاطسة.

ثانيا : مساحات الرفارف القارية :

جدول (١٠) مساحات الرفارف القارية لكل قارة
ولكل محيط ملايين الكيلو مترات المربعة

القارات المحيطات البحار المرتبطة بها

اسم القارة	مساحة الرفرف	اسم المحيط	مساحة الرفرف	مساحة البحار المجاورة
أوروبا	٣,١١	الأطلنطي	٤,٥٩	٩,٥٢
آسيا	٩,٣٨			
إفريقيا	١,٢٨	الهندي	٢,٣٧	٠,٨٠
أستراليا	٢,٧٠			
أمريكا ش	٦,٧٤	الهادى	٢,٨٩	٧,٧٢
أمريكا ش ج	٢,٤٢			
أنتاركتيكا	٠,٣٦	للمجموع	٩,٨٥	١٧,٦٤
الجزر	١,٥٠			
المجموع	٢٧,٤٩			

نقلا عن (صفى الدين أبو العز، ١٩٦٥، ص ٢١٠)

ثالثا : متوسط مساحة المحيطات والبحار :

جدول (١١) متوسط مساحة المحيطات والبحار الرئيسية

وكمية المياه بها بالكم٢ والكيلو متر المكعب

اسم المحيط	المساحة بالكم٢	كمية المياه بالكم٣
الأطلنطي	٨٢,٤٤١,٥٠٠	٣٢٣,٦١٣,٠٠٠
الهندي	٧٣,٤٤٢,٧٠٠	٢٩١,٠٣٠,٠٠٠
الهادي	١٦٥,٢٤٦,٢٠	٧٠٧,٥٥٥,٠٠٠
المجموع والنسبة المئوية	١٣٢٢,١٩٨,٠٠٠ (٪٩٦,٥)	٣٢١,١٣٠,٤٠٠ (٪٨٨,٩٤)
البحار بين القارات	**المساحة بالكم٢**	**كمية المياه بالكم٣**
البحر القطبى	١٤,٠٩٠,١٠٠	١٦,٩٨٠,٠٠٠
بحر الملايو	٨,١٤٣,١٠٠	٩,٨٧٣,٠٠٠
خليج لمكسيك والكاريبى	٤,٣١٩,٥٠٠	٩,٥٧٣,٠٠
البحر المتوسط	٢,٩٦٥,٩٠٠	٤,٢٣٨,٠٠٠
المجموع والنسبة المئوية	٤٠,٦٦٤,٠٠٠ (٪٢,١٦)	٢٩,٥٩٨,٦٠٠ (٪٨,٢٠)
البحار الداخلية	**المساحة بالكم٢**	**كمية المياه بالكم٣**
البحر البلطي	٤٢٢,٣٠٠	٢٣,٠٠٠
خليج هدسن	١,٢٣٢,٣٠٠	١٥٨,٠٠٠
البحر الأحمر	٤٣٧,٩٠٠	٢١٥,٠٠٠
الخليج العربي	٢٣٨,٨٠٠	٦,٠٠٠
المجموع والنسبة المئوية	٤٠٢,٠٠٠ (٪٠,٠٣)	٢,٣٣١,٠٠ (٪٠,٦٤)

تابع جدول (١١) متوسط مساحة المحيطات والبحار الرئيسية
وكمية المياه بها بالكم٢ والكيلو متر المكعب

البحار الهامشية	المساحة بالكم٢	كمية المياه بالكم٣
بحر برنج	٢,٢٦٨,٢٠٠	٣,٢٥٩,٠٠٠
بحر أكتسك	١,٥٢٧,٦٠٠	١.٢٧٩,٠٠٠
بحر اليابان	١,٠٠٧,٧٠٠	١,٣٦١,٠٠٠
بحر الصين الشرقية	١,٢٤٩,٢٠٠	٢٣٥,٠٠٠
بحر أندامان	٧٩٧,٦٠٠	٦٩٤,٠٠٠
بحر كاليفورنيا	١٦٢,٢٠٠	١٣٢,٠٠٠
بحر الشمال	٥٧,٣٠٠	٥٤,٠٠٠
البحر الإيرلندى والمانش	١٧٨,٥٠٠	١٠,٠٠٠
بحر اللورنس بحر باص	٢٣٧,٨٠٠	٣٠,٠٠٠
المجموع والنسبة المئوية	٧٤,٠٠٠	٥,٠٠٠
جملة مساحة المحيطات	٨,٠٧٨,٩٠٠ (٢,٢٢٪)	٧,٠٥٩,٠٠٠ (٥١٪)
والبحار وكمية مياهها	٣٦١,٠٥٩,٢٠٠	١٣٧,٠٣٢,٠٠

نقلا عن الموسوعة البريطانية نقلا عن شاراما

(Sharama, R.C Vatal, p.30)

رابعا : الأخاديد البحرية :

جدول (١٢) الأخاديد البحرية الكبري وأقصي عمق لها بالمتر والقدم

اسم الاخدود البحري	العمق بالمتر	العمق بالقدم
اولا. اخاديد الاطلنطي :		
(١) أخدود ساوث ساندوتش	٨٤٠٠	٢٧,٦٠٠
(٢) أخدود بورتريكو	٩٢٠٠	٣٠,٠٠٠
ثانيا. اخاديد الهادي :		
(١) أخدود بيرو.	٨,٠٥٠	٢٦,٤٠٠
(٢) أخدود الألوشى.	٨١٠٠	٢٨,٥٠٠
(٣) أخدود كوريل	١٠,٥٠٠	٣٤,٤٠٠
(٤) أخدود اليابان	٩٨٠٠	٣٢,١٠٠
(٥) أخدود مارينا	١١,٠٠٠	٣٦,٠٠٠
(٦) أخدود الفلبين.	١٠,٠٠٠	٣٣,٠٠٠
(٧) أخدود تونجا	١٠,٨٠٠	٣٥,٤٠٠
ثالثا. اخاديد المحيط الهندي		
(١) أخدود جاوه	٧٤٦٠	٢٤,٤٠٠

عن (Gardener, J. S., p. 89)

بيانات من بعض المقاييس التى يمكن استخدامها
فى الدراسات الأوقيانوغرافية

(١) الأطوال Longs،

١ كم = ١٠٠٠ متر = ٦٢١, من الميل = ٥٤٠, ٠ من الميل البحرى.

١ متر = ١٠٠ سنتيمتر = ٣٦,٤ بوصة = ٢,٢٨ من القدم = ١,٠٩ من الياردة.

١ سنتيمتر = ١٠ ملليمتر = ٣٩٤, من البوصة.

الميل البحرى = ١٨٥٣ متر

العقدة = تعنى الميل البحرى ويستخدم لقياس سرعة السفن أو التيارات المحيطية وهى تساوى ٨٥٣, كم/ساعة أو ٥١٤, متر/ثانية.

الطاقة = ٦ قدم = ١,٨٢٨ متر.

(٢) المساحات Areas ،

١سم^{٢} = ١٥٥, بوصة مربعة.

١م^{٢} = ٨, ١٠ميل^{٢}.

هكتار واحد = ٢,٤٧ من الفدان.

(٣) الحجم Volume،

١كم^{٣} = $١٠^{٩}$ متر مكعب = $١٠^{١٥}$ سم^{٣} = ٢٤, ميل^{٣} .

١ م^{٣} = ١٠,٠٠٠ لتر = ٣٥,٣ قدم مكعب = ٢٦٤ جالون أمريكى = $١٠^{٦}$سم^{٣}.

لتر واحد = ١٠,٠٠٠ سم^{٣} = ٢٦٤, جالون أمريكى.

١ سم^{٣} = ٦١, بوصة مكعبة.

(٤) الكتلة (الوزن) Mass،

الطن المترى الواحد = $١٠^{٦}$ جرام = ٢٢,٥ رطل.

كيلو جرام واحد = $١٠^{٣}$ جرام = ٢,٢٠٥ رطل.

جرام واحد = ٠٣٥, ٠ من الأوقية.

(٥) السرعة Speed :

المتر/ ثانية = ٢,٢٤ ميل/ ساعة = ١,٩٤ عقدة (ميل بحري)/ ساعة.

سم/ ثانية = ٣٣, قدم/ ثانية.

(٦) درجة الحرارة Temperation :

درجة الحرارة المئوية = الدرجة الفهرنهيتية - ٣٢ + ١,٨ = درجة الحرارة الفهرنهرتية = ١,٨ (درجة الحرارة المئوية) × ٣٢ = مثال = ١,٨ × ١٠ درجة م × ٣٢ = ٥٠ درجة ف.

(٧) الطاقة Energy والضغط الجوي Air pressure :

جرام واحد = سعر حراري واحد وهو وحدة حرارية = ١ + ٨٦٠ وات ساعة (Watt / hour).

الواحد «بار» ويقصد به الوحدة الديناميكية لقوة الضغط على السم^2 = ١٠٠٠ ملليبار.

خامسا ـ المضايق البحرية Marine Straits

١ ـ مضيق جبل طارق :

كان يعرف فى عهد الفينيقيين باسم أعمدة هرقل، وكان من أوائل من عبروه وأسسوا بعض المراكز العمرانية.

وقد اجتازه طارق بن زياد فى سنة ٧١١ ميلادية عند فتحه الأندلس. وكان يعرف قبل الفتح الإسلامى باسم جبل الصخرة. وظل المسلمون مسيطرون على هذا المضيق طوال فترة ٨٠٠ سنة، ثم آلت السيطرة إلى الأسبان بعد ذلك ثم إلى البريطانيين وذلك عندما تمكن القائد البريطانى «سير جورج» من الوصول إلى خليج جبل طارق والسيطرة عليه وانتهى الأمر بعقد معاهدة أوتراخت وفيها تنازلت أسبانيا لبريطانيا عن جبل طارق وذلك عام ١٧١٣.

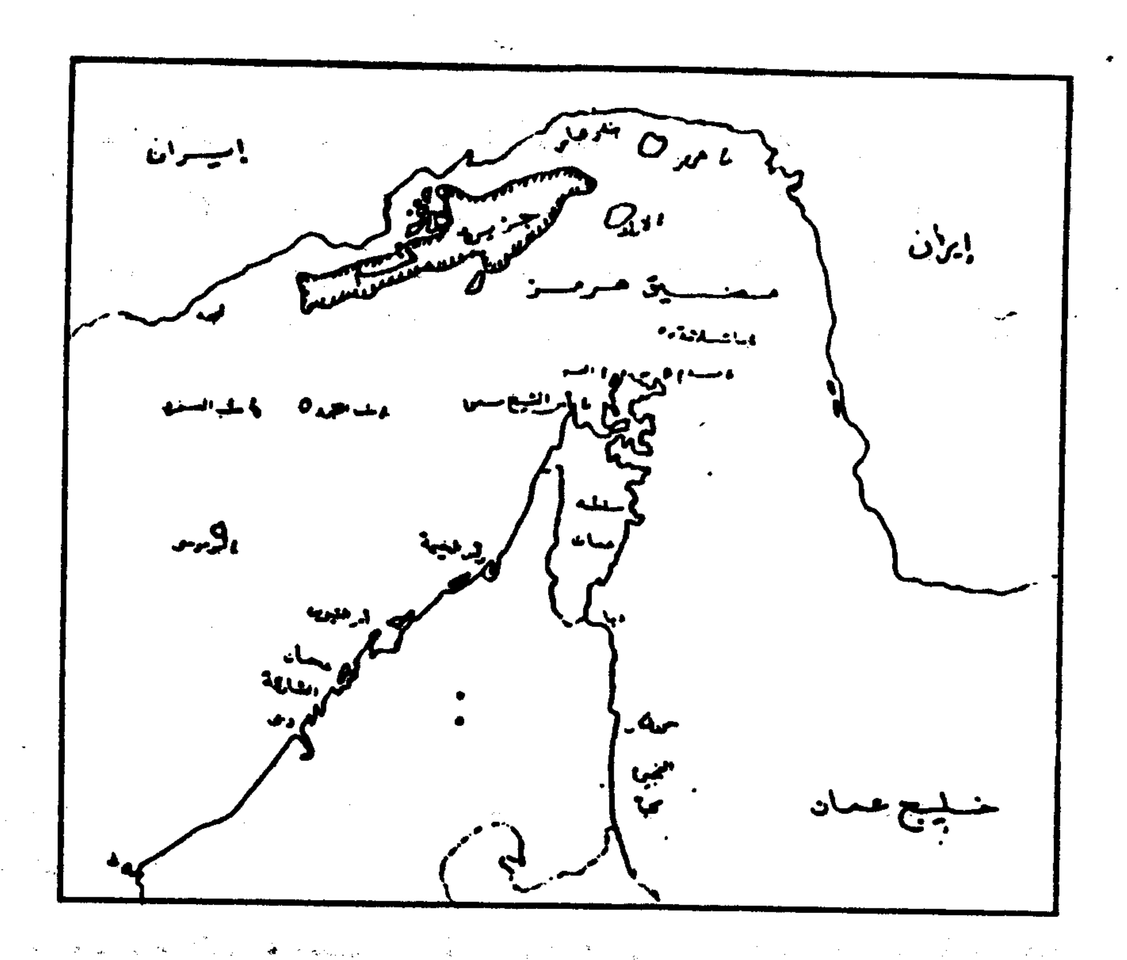
ويصل هذا المضيق بين كل من البحر المتوسط والمحيط الأطلنطى ويتراوح اتساعه ما بين ٨ إلى ١٢ ميل بحرى، وتعبره يوميا نحو ٢٠٠ سفينة حيث يتميز بكثافة حركة الملاحة خلاله، وتبرز أهميته فى ربطه بين مناطق اقتصادية هامة فى كل من أوروبا وأمريكا وأفريقيا.

٢ ـ مضيق هرمز :

يصل بين كل من خليج عمان والخليج العربى تحده من الجنوب سلطنة عمان وتحده من الشمال والشمال الشرقى إيران، وتظهر أهميته البالغة فى مرور نحو ثلثى التجارة البترولية عبره إذ تعبره حوالى ٨٠ ناقلة بترول يوميا حيث يسمح عمق المياه بالمرور لناقلات البترول العملاقة.

ويبلغ طول المضيق عند خطه الأوسط حوالى ١٨٥ كيلو متر (١٠٤ أميال بحرية) ويبلغ عرض مدخله الجنوبى تجاه خليج عمان ٣٠ كيلو متر (٢١ ميلا بحريا) وذلك فى أضيق نقطة بالمضيق فيما بين جزيرتى لاراك الإيرانية وجزيرة جيوان الكبرى العمانية.

وكما يتضح من الشكل رقم (٤٢) يتميز هذا المضيق بكثرة الجزر والجزيرات الصغيرة، ويتميز كذلك بمرور تيارات بحرية قوية تصل سرعتها إلى نحو ٨, عقدة فى فصل الشتاء، وقد تصل صيفا إلى أكثر من ١,٥ عقدة.



شكل رقم (٤٢) مضيق هرمز

يزداد اتساع المضيق بالاتجاه نحو الخليج العربى حيث يتسع إلى نحو ٨٠ كيلو متر (٥٣ ميل بحرى).

ويوجد بالمضيق ممران للملاحة، يتجه الأول شرقا نحو خليج عمان ويبلغ عرضه ٤,٥ ميل بحرى، ويمتد محاذيا الساحل العمانى، والثانى يتجه نحو الغرب (باتجاه الخليج العربى) ويبلغ عرضه ٤,٥ ميل بحرى، ويحاذى الساحل الإيراني. ويفصل بينهما ميل بحرى واحد فقط لمنع الاصطدام بين السفن التي تعبر خلالهما.

ويشتد عمق مضيق هرمز قرب سواحل شبه جزيرة مسندم ليصل أحيانا إلى نحو ١٢٠ مترا، وتقل الأعماق فى أجزائه الأخرى حيث يتراوح عمقه ما بين ٥٥ و٩١ مترا.

(١) يبلغ متوسط عرضه ٦٠ كيلو متر.

ونظرا لأهميته الإستراتيجية البالغة فقد عملت إيران على الهيمنة عليه من خلال احتلالها للجزر الإماراتية الثلاث : طنب الكبرى وطنب الصغرى وابو موسى، وذلك فى الأول من ديسمبر عام ١٩٧١ حيث تمثل هذه الجزر مواضع رئيسية للتحكم فى الخط الملاحى لناقلات البترول العملاقة (شكل رقم ٤٢).

٣ ـ مضيق مالقا :

يصل بين كل من بحر أندمان (بالمحيط الهندى) وبحر الصين الجنوبى (بالمحيط الهادى). وهو مضيق طويل يستمر مع مضيق سنغافورة لمسافة ٦٠٠ ميل بحرى. وهو مضيق بحرى هام منذ فترة تاريخية طويلة تعاقبت السيطرة عليه خلال التاريخ ما بين الهنود والعرب والبرتغاليين والهولنديين والبريطانيين وهو الآن يتبع سيادة كل من ماليزيا وأندونيسيا، وتمر به الآن يوميا نحو ١٤٠ سفينة من أحجام مختلفة.

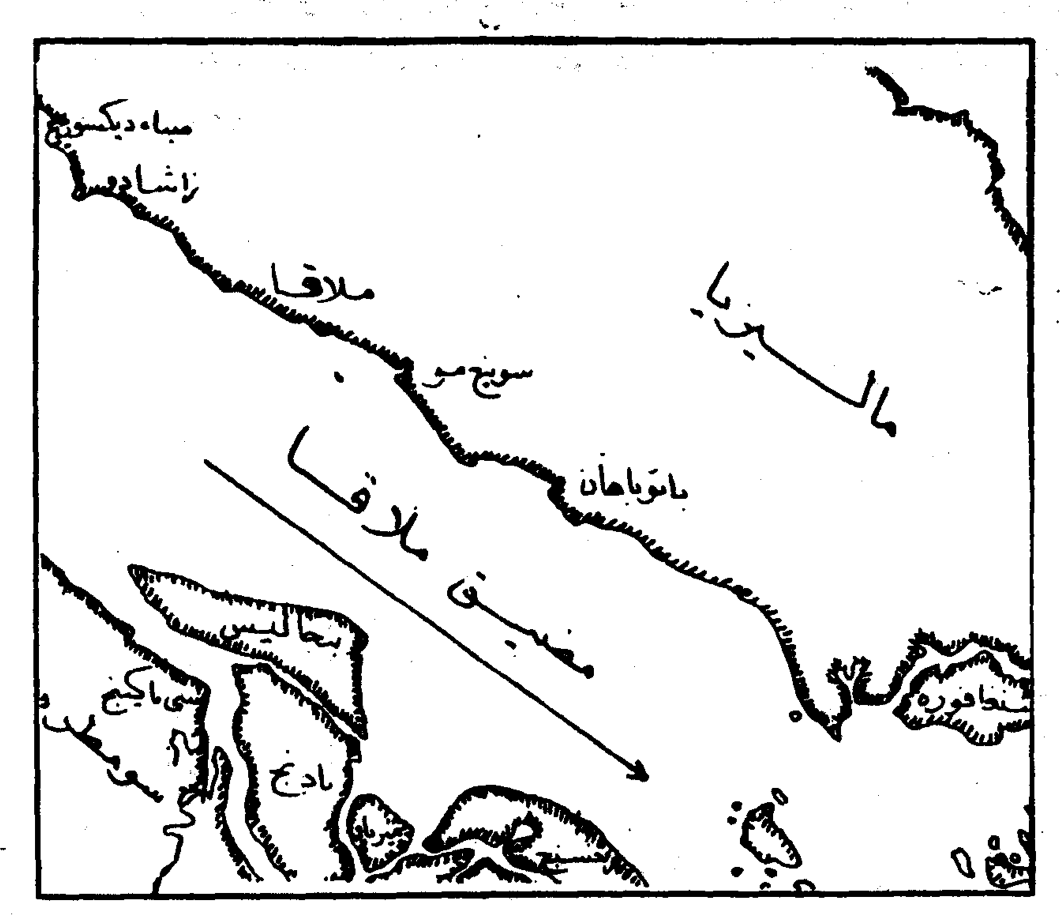
ويتراوح اتساع مضيق مالقا ما بين ٤ إلى ثمانية أميال بحرية فى قطاعه الجنوبى و١٤٠ ميلا بحريا فى الشمال (أبو نعمة، ص ١٤٠). وهو مضيق ضحل يصل متوسط عمقه ٢٧ مترا؛ ولذلك لا تعبره السفن ذات الغاطس الأكبر من ١٩,٨ متر (شكل رقم ٤٣) وخاصة مع انتشار عدد من الجزيرات الصغيرة والكثبان الرملية فى جزئه الجنوبى.

ويحده من الشمال الشرقى سواحل ماليزيا ومن الجنوب الغربى سواحل من جزيرة سومطرة.

وقد زادت أهميته بشكل واضح مع وجود قناة السويس ومع ظهور اليابان ودول جنوب شرق آسيا بثقلها الاقتصادى الكبير واستيرادها لكميات ضخمة من بترول الشرق الأوسط التى تنقل عبر ناقلات البترول خلاله .

٤ ـ مضيق مسينا **Messina Strait** :

يمتد ما بين شبه جزيرة إيطاليا وجزيرة صقلية، ويصل بين البحر التيرانى فى الشمال والبحر الأيونى فى الجنوب، ويبلغ اتساعه ٣٢ كيلو متر (٢٠ ميلا) واضيق



شكل رقم (٤٣) مضيق ملاقا

أجزاؤه نحو الميلين فى قطاعه الشمالى، حيث توجد أكثر أجزاءه عمقا (نحو مائة متر).

وتسود بالمضيق تيارات بحرية وأمواج عالية تقلل من أهميته نسبيا.

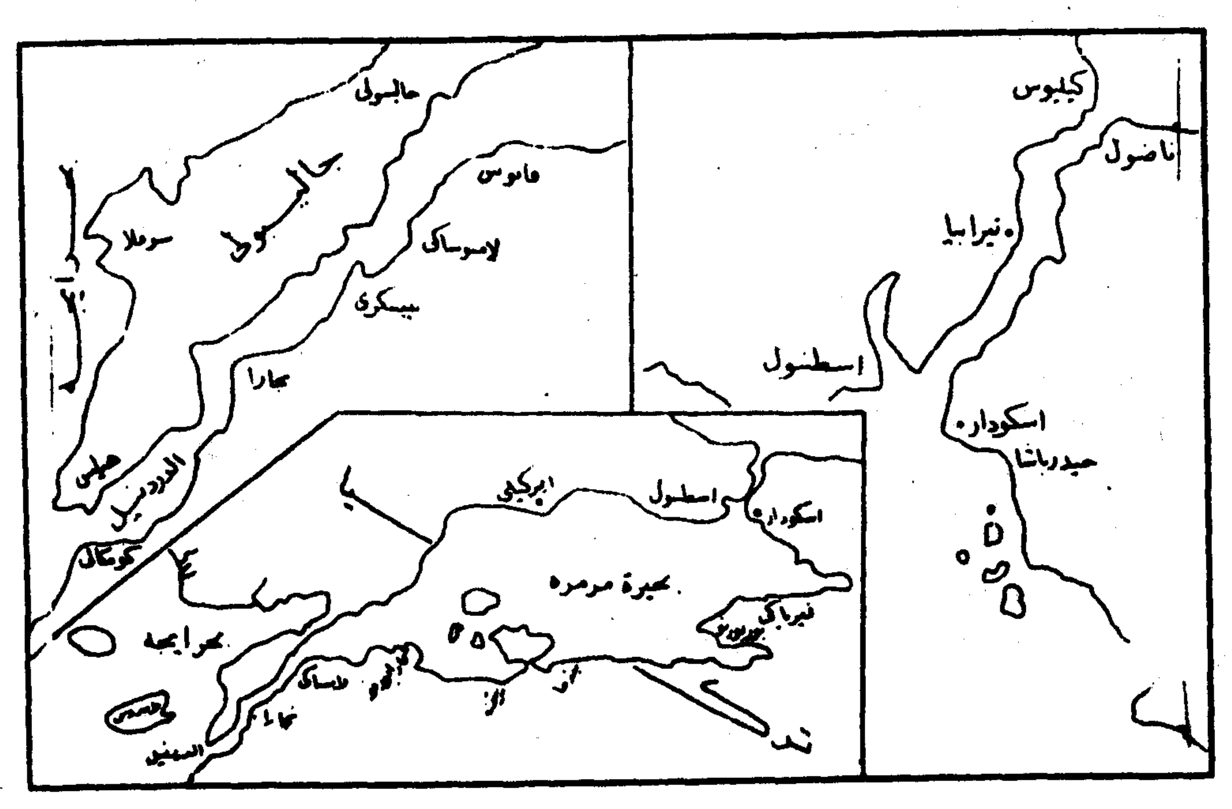
وتظهر أهميته فى تطور جزيرة صقلية وربطها حضاريا واقتصاديا بالأرض الأم فى شبه الجزيرة الإيطالية إلى جانب أهميته الإستراتيجية خاصة بالنسبة لدولة إيطاليا.

٥ ـ البسفور والدردنيل :

يصلان بين البحر الأسود والبحر المتوسط، ويخضعان للسيادة التركية؛ وذلك منذ فتح السلطان محمد الفاتح للقسطنطينية (فى عصر الدولة العثمانية).

يبلغ طول مضيق البسفور ١٦,٨ ميل بحرى ويتراوح اتساعه ما بين ٤٠٠ وثلاثة كيلو مترات، ويصل بين البحر الأسود وبحر مرمرة، أما مضيق الدردنيل

فيصل بين بحر مرمرة وبحر إيجة ويبلغ طوله ٤١ ميلا ويتراوح عرضه بين نحو كيلو متر ونصف وستة كيلومترات. وهو بذلك أكثر طولا واتساعا من البسفور. (شكل رقم ٤٤).



شكل رقم (٤٤) مضيق البسفور

وللمضيقين أهميتهما فى حياة تركيا الاقتصادية والإستراتيجية وكذلك بالنسبة للدول المطلة على البحر الأسود وخاصة ما كان يعرف بالاتحاد السوفيتى سابقا وروسيا وأوكرانيا وبلغاريا وغيرها من الدول المطلة على البحر الأسود، وعلى ذلك كانت هذه المضايق ميدانا للصراع والتسابق للهيمنة بين القوى العالمية وخاصة خلال هذا القرن.

إلى جانب ما سبق يوجد العديد من المضايق والممرات البحرية الهامة منها مضيق باب المندب ويصل بين المحيط الهندى والبحر الأحمر، ويفصل بين كل من اليمن من جانب وكل من أريتريا وجيبوتى من جانب آخر، ويبلغ متوسط عمقه ٣٥ مترا، وطوله ٥٠ ميلا بحريا.

ومضيق دوفر بين كل من فرنسا وبريطانيا ويتراوح عمقه ما بين ٢٠ إلى ٣٧ مترا وطوله ٣٠ ميلا بحريا تعبره يوميا نحو ٣٥٠ سفينة. ومن المضايق أيضا مضيق تيران بين السعودية ومصر ويتراوح عمقه ما بين ٧٣ و ١٨٣ مترا، وطوله سبعة أميال بحرية ويمثل المدخل الجنوبى لخليج العقبة.

سادسا ـ الجزر البحرية الهامة :

اسم الجزيرة	المساحة بالكم٢	أعلى نقطة بالمتر
(١) جرينلند	٢,١٧٥,٦٠٠	٣,٧٠٠
(٢) نيوغينيا	٧٨٥,٠٠٠	٥,٠٣٠
(٣) بورينو	٧٤٦,٥٤٥	٤,١٠١
(٤) مدغشقر	٥٨٧,٠٤١	٢,٨٧٦
(٥) بافن	٤٧٦,٠٦٥	٢,١٤٧
(٦) سومطرة	٤٧٣,٦٠٦	٣,٨٠٠
(٧) بريطانيا	٢٢٧,٥٨١	١,٣٤٣
(٨) هنشو	٢٢٧,٤١٤	٣,٧٧٦
(٩) السيمير	٢١٢,٦٨٧	٢,٦٠٤
(١٠) فيكتوريا	٢١٢,١٩٨	٦٥٥
(١١) سلبيز	١٨٩,٢١٦	٣٤٥٥
(١٢) ساوث أيلاند	١٥٠,٤٦١	٣٧٦٤
(١٣) كوبا	١١٤,٥٢٤	١,٩٩٤
(١٤) نيوفوندلاند	١١٢,٢٩٩	١,٩٩٤
(١٥) لوزون	١٠٤,٦٨٧	٨١٤
(١٦) أيسلاند	١٠٣,٠٠٠	٢,١١٩
(١٧) منداناو	٩٤,٦٣٠	٢,٩٥٤
(١٨) إيرلندا	٨٤,٤٠٣	١,٠٤٣
(١٩) هوكايدو	٧٨,٠٧٣	٢,٢٩٠
(٢٠) سخالين	٧٦,٤٠٠	١,٦٠٩
(٢١) هسبانيولا	٧٦,١٩٢	٣,١٧٥
(٢٢) بانكس	٧٠,٠٢٨	٧٤٧
(٢٣) تسمانيا	٦٨,٣٣٢	١,٦١٧
(٢٤) سريلانكا	٦٥,٠٠٠	٢,٥٢٤
(٢٥) ديفون	٥٥,٢٤٧	١,٨٨٧
(٢٦) نوفيازمليا	٤٨,٩٠٤	١,٥٤٧
(٢٧) تيرادلفويجو	٤٨,١٧٤	٢,٤٦٩
(٢٨) كيوشو	٤١,٩٩٧	١,٧٨٧

سابعا ـ البحيرات الكبرى فى العالم :

اسم البحيرة	الدولة	المساحة كم٢	متوسط العمق
١ ـ قزوين	روسيا وإيران	٣٧١,٠٠٠	١,٠٢٥
٢ ـ سوبيريور	كندا والولايات المتحدة	٤٢,١٤١	٤٠٦
٣ ـ فيكتوريا	أفريقيا	٦٨,١٠٠	٨٠
٤ ـ بحر آرال	روسيا	٦٦,٥٠٠	٦٨
٥ ـ هورن	كندا والولايات المتحدة	٥٩,٥٩٦	٢٢٩
٦ ـ متشجان	الولايات المتحدة	٥٨,٠١٦	٢٨١
٧ ـ تنجانيقا	أفريقيا	٣٢,٨٩٣	١,٤٣٦
٨ ـ بيكال	روسيا	٣١,٥٠٠	١,٦٢٠
٩ ـ جريت بير	كندا	٣١,٣٢٨	٤١٣
١٠ ـ نياسا	أفريقيا	٣٠,٨٠٠	٦٧٨
١١ ـ جريت سليف	كندا	٢٨,٥٧٠	٥٥٩
١٢ ـ إيرى	كندا والولايات المتحدة	٢٥,٧٤٥	٦٤
١٣ ـ وينبج	كندا	٢٤,٣٩٠	١٨
١٤ ـ أونتاريو	كندا والولايات المتحدة	١٩,٥٢٩	٢٤٤
١٥ ـ لادوجا	روسيا	١٨,٤٠٠	٢٢٥
١٦ ـ بالكاش	روسيا	١٨,٢٠٠	٢٦
١٧ ـ تشاد	أفريقيا	١٦,٣٠٠	٤
١٨ ـ أوينيجا	روسيا	٦٩١٠	١٢٠
١٩ ـ إيرى	أستراليا	٩٥٨٣	١
٢٠ ـ رودلف	اثيوبيا ـ كينيا	٨٦٠٠	٦١
٢١ ـ نيكاراجوا	نيكاراجوا	٨٤٣٠	٤٣
٢٢ ـ تيتيكاكا	بوليفيا ـ بيرو	٨٣٠٠	٢٧٢
٢٣ ـ أورميا	إيران	٥٨٠٠	١٥

تعريب وشرح موجز للمصطلحات العلمية الأوقيانوغرافية الرئيسية

(A)

Abyssal plains	سهول محيطية متسعة تقطع امتداداتها السلاسل الجبلية ومظاهر.
Algea	طحالب تضاريس القاع الأخرى مثل التلال الغاطسة والأخاديد البحرية.
A. Myxoph ceae	طحالب مائية زرقاء.
A. Chlarophy ceae	طحالب مائية خضراء
A. Rhodophy ceae	طحالب مائية بنية
Anticy clones	أضداد الأعاصير
Aphoti zone	مياه البحر العميقة التى لا تصلها الشمس
Arches Marine	أقواس بحرية وهى من ظاهرات النحت البحرى
Atenuation	تسطح مياه البحر، وتعنى هدوء الأمواج واختفاءها مع تلاشى العوامل المسببة لها.
Atolls	حلقات مرجانية، وهى عبارة عن مظهر من مظاهر الأشكال الناجمة عن النمو المرجانى.

(B)

Back-shore	الشاطئ الخلفى، ويقصد به المنطقة الممتدة فيما وراء خط الشاطئ حتى أقرب حضيض جرف ساحلى.
Back-Wash	تراجع وارتداد مياه الأمواج نحو البحر.
Barriers	حواجز شاطئية تختلف عن الحافة berm فى كون الأولى أشرطة ضيقة رواسب شاطئية منخفضة المنسوب يصل اتساعها أحيانا إلى عدة كيلومترات، وقد يصل إلى عشرات من الأمتار كما هو الحال فى حاجز بحيرة المنزلة، وكثيرا ما تنتشر الكثبان الرملية المنخفضة فوق سطحه.

Bathy thermograph	مسجل حرارة الأعماق.
Bay	خليج.
Beach- drifting	اكتساح الشاطئ ويعنى تحرك الرواسب فوق الشاطئ بفعل الأمواج فى حركة متجاورة أو موازية لخط الشاطئ.
Benthic-zone	بيئة قاع المحيط.
Benthos-organisms	كائنات بحرية تعيش عند القاع.
Biogenous-materials	رواسب ومواد أحيائية مثل تكوينات الأصداف أو الأوز.
Biololgical-zonation	النطاقية الحيوية وعادة ما تظهر على جروف بعض السواحل وخاصة عند حدوث الجزر واكتشاف أسافلها.
Biotic-factors	عوامل حيوية تتمثل فى الحيوانات البحرية القارضة Bro-ing-organisms وحيوانات المرجان وغيرها مما يعمل على تشكيل السواحل ومكونات المحيط.

(C)

Centrifugal - force	قوة الطرد المركزية الناتجة عن دوران الأرض.
Circular - orbits	مدارات دائرية لجزيئات الماء داخل الموجة.
Coastal outline	الإطار الساحلى.
Continental - ice	الجليد القارى.
Continental - shelf	الرفرف القارى.
Continental - slope	المنحدر القارى.
Continental - rise	الارتفاع القارى، وهو تكوينات رملية سميكة من رواسب قارة قديمة تغطى السطح الأدنى للمنحدر القارى وتمتد لمسافات بعيدة تجاه البحر وتبدو كسطح رسوبى محدب تحدبا خفيفا.
Crustalinstabilily	عدم ثبات فى قشرة الأرض.
Cattle - fish	الحبار، وهو من الرخويات ويعد من الحيوانات البحرية الخطرة، وقد يصل طول بعض أنواعها إلى أكثر من ١٥ مترا وهو المعروف بالحبار العملاق Giant - squis ويعيش فى المياه متوسطة العمق.

(D)

Deltaic - coasts — سواحل دلتاوية.

Destructive - wave — موجة مدمرة تؤدى إلى نحت السواحل التى تتعرض لها.

Durnal - tide — مد وجزر يومى (يحدث مد وجزر واحد خلال ٢٤ ساعة).

Dynamic - Equili — توازن ديناميكى بين عوامل النحت وعوامل الإرساب على الساحل.

(E)

Earth's - Circumference — محيط الأرض.

Echinoderms — الشوكيات.

Echo - sounding — سبر الأعماق بواسطة صدى الصوت.

Eddies — دوامات مائية فى شكل حركة حلزونية للمياه تؤدى إلى حفر من مفتتات من أحجام مختلفة.

Edge - wave — الموجة الحادة عندما ترتد موجة ما نحو البحر بشكل منحرف فإنها تنحصر بين خط الشاطئ والأمواج اللاحقة لها فتظهر بذلك غير متشوقة فى اتجاهاتها مع سلسلة الأمواج المتتابعة نحو الشاطئ.

Embayments — خلجان بحرية.

Enclosed - seas — بحار مقفلة.

Encrustation — إفراز الطحالب للقشور الكلية.

Estuaries — مصبات خليجية نتجت عن غمر بحرى حديث لسواحل منخفضة يتسع الخليج نحو البحر ويضيق باتجاه اليابس.

Eustatic — تذبذبات فى مياه البحر.

Eury haline - Organisms — كائنات بحرية تتحمل التغير السريع فى درجة الملوحة.

Eury thermic - Organisms — كائنات بحرية تتحمل التغير السريع فى درجة الحرارة.

(F)

Fetch — المسافة التى تمتد فوقها وترتبط بها الأمواج المولدة بفعل الرياح.

Fiards — الشـروم التـى تكونـت نتيـجة عـمليـات الغمـر البـحرى للسواحل الصخرية المتأثرة فى مراحل سابقة بعملية التعرية الجليدية، ويطلق عليها فى هولندا Harden.

Fore - Dunes — كثبان رملية متقدمة تظهر قرب خط الشاطئ.

Fringing reefs — شعـب مرجانـية ملاصـقة لخـط الشاطـئ وتعرف بـالأطر المرجانية.

Fungi marine — فطريات بحرية.

(G)

Gravitational - Forces — قوى الجاذبية.

Groynes — حواجز أو مصـدات الرمال تبنى عـلى الشواطئ الجنـوبية الرمال وجمعها فى الجانب المواجه لحركة الدفع على طول الشاطئ.

Guyots — الجيووات وهى التلال الـبحرية الغارقة والتى تظـهر قممها مستوية تقريبا ترتفع ما يحيط بها بنحو ١٠٠٠ متر.

Gyratory — حركة دورانية للمياه نتيجة لدوران الأرض حول نفسها.

(H)

Halina — ملحى.

Halophytic - plants — نباتات محبة للملوحة.

Hurricanes — عواصف الهيريكين المدارية.

Hydrophytes — النباتات المائية البحرية لها جذور وأوراق واغلبها ينمو تحت مستوى سطح البحر وبعضهـا يكون مثبتا على القاع أو فى صخـور الشاطئ، وأكـثرها انـتشارا حـشائش البـحر Sea weeds مثل السرجـاسم وعادة ما يميل لونـها إلى الأصفر أو البنى الفاتح.

Hydrospere — الغلاف المائى.

(I)

Ice berge — الجبل الجليدى.

Indented - coasts — سواحل مشرشرة.

Inorganic	غيرْ عضوى.
Isohaline	خطوط الملوحة المتساوية.
Isotherms	خطوط الحرارة المتساوية.
Isthmus	برفره وهو اليابس الممتد بين كتلتين مائيتين.

(J)

Jetties	حواجز مائية اصطناعية.
Joints	مفاصل صخرية.

(K)

Karst - coasts	سواحل كارشتية.
King - tide	مد مرتفع يوجد على سواحل أستراليا.
Kineic - energy	طاقة حركية.

(L)

Lithified - Beaches	شواطئ متحجرة.
Littoral - currents	تيارات شاطئية.
Littoral - zone - deposits	رواسب المنطقة الشاطئة الضحلة.
Long - shore	تيارات الدفع على طول الشاطئ.
Lunar-tide	قوى جذب القمر.

(M)

Macrotidal - coasts	سواحل الفارق المدى الكبير.
Massive - reefs	شعاب مرجانية كتلية الشكل.
Microtidal - coasts	سواحل الفارق المدى المحدود.
Molecules	جزيئات الماء.
Molecules	الرطوبات وهى تشمل مجموعة من حيوانات متنوعة أشهرها الأويستر Oyster التى تؤكل لحومها.
Muddy-Marshs	ملاحات طينية تمتد بموازاة خط الشاطئ وتسمى أحيانا سبخات أو أهوار ملحية طينية.

(N)

Neap tide — المد والجزر المعتدل.

Near-shore — الشاطئ القريب ويمتد ما بين بداية تكسر الأمواج والتكسر النهائى لها.

Neritic-zone-deposits — (رواسب المياه الضحلة فى منطقة الرفرف القارى).

Nodal-points — نقط بؤرية أو عقدية تستدير حولها المياه فى حركة ناتجة عن دوران الأرض (راجع بالتفصيل فى موضوع المد والجزر بالكتاب).

Notches — فجوات الأمواج وهى بداية تطور الأشكال الناتجة عن النحت بفعل أمواج البحر.

(O)

Oceans — المحيطات.

Oceanic - ridges — الحافات أو الحواجز المحيطية الضخمة مثل حافتى دولفن وتشالنجر وسط المحيط الأطلنطى.

Octupus — حيوان الأخطبوط البحرب وهو أكثر أنواع الرخويات انتشارا ويعيش عادة فى المياه العميقة وجسمه بيضاوى وله ثمانية أذرع وفمه بارز يبدو فى شكل المنقار.

On Shore - transportation — عمليات نقل الرواسب على طول الشاطئ.

On Shore - wind — رياح شاطئية.

Oolithic-Limestone — حجر جيرى بويضى ينتشر على طول الساحل الشمالى لمصر من غرب الإسكندرية حتى مرسى مطروح.

Ossilatory — حركة اهتزازية لمياه البحر.

Orbits — مدارات دائرية.

(P)

Pack-ice — جليد بحرى غطائى.

Pelagic - sediments — رواسب قاع البحر.

Photic-zone — المنطقة المضيئة من مياه البحر والتى تخترقها أشعة الشمس من السطح حتى عمق ١٠٠٠ متر نحو القاع.

Photosynthesis	التمثيل الضوئى للنباتات البحرية.
Plunging - breakers	امواج الانـحدار (الأمواج المـتكسـرة بعنـف على شـاطئ شديد الانحدار).
Promontories	نتوءات أو رءوس يابسة ممـتدة فى البحر تتميز المـياه أمامها بضحولتها مثل رأس دمياط ورأس الحكمـة ورأس محمد وغيرها.

(R)

Raised beaches	شواطئ مرفوعة.
Reef-debris	مفتتات مرجانية تظهر عادة فوق الأسطح العلوية للحواجز والأطر المرجانية وتنتج بفعل نحت الأمواج.
Retreating	تراجع السواحل.
Rias	سواحل الريا (سواحل المصبات النهرية الغارقة).
Rip-currents	التيارات الشقـية (تيارات قوية ترتد نحو الـبحر على طول امتـداد الأودية المغـمورة) وتنـتج أساسـا بسبـب التكسـر العنيف للأمـواج على الشواطئ شديدة الانحدار.
Rock - Destroying - Organisms	التدمير الذى تتعرض له الصخور الساحلية بسبب الأحياء البحرية القارصة.

(S)

Salt - crystalization	تبـلور الأمـلاح - تتبـلور الأمـلاح فى منـاطق الأرصـفة البحرية التى تكثر بها مكونات كربونات الكالسيوم.
Sand - cays	جزيرات رملية منخفضة.
Saturated - lime - water	مياه مشبعة بالجير.
Sea ice	الجليد البحرى.
Semidural - tide	مد وجزر نصف يومى (يـحدث فيه مدان وجزران كل ١٢ ساعة).
Shore - line	خط الشـاطئ أو سيف الـبحر وهو الخط الـذى يمتد عـلى طول الشاطئ فى نقطة التقاء الـيابس بالماء وهو خط متغير فى منسوبه الذى يتراوح بين مستوى المد المرتفع ومستوى الجزر.

Shelly - Organisms	أحياء بحرية صدفية.
Sinusoidal - water	مياه سطح البحر المتموجة.
Spilling - breakers	الأمواج التى تتكسر ببطء على شاطئ قليل الانحدار.
Spring tide	المد والجزر الربيعى.
Specific - gravity	الكثافة النوعية للمادة.
Specific - heat	الحرارة النوعية للمادة.
Stacks	المسلات البحرية.
Strand - flats	المسطحات الشاطئية.
Submarine - canyons	الخوانق البحرية الغاطسة.
Surf-zone	منطقة تكسر الأمواج.
Suspended - materials	المواد العالقة فى الماء.
Swash- zone	منطقة تقديم مياه البحر نحو الشاطئ.
Swell	الأمواج المحيطية التى تتميز بشكلها المتنظم وقمتها القبابية.
Synicline	التواء مقعر.

(T)

Tidal - currents	تيارات مدية.
Tidal - front	الجبهة المدية وتظهر عند مقدمة موجة المد المقتربة من الخليج أو الشرم البحرى.
Tidal - platform	الرصيف المدى وهو مرادف لرصيف النحت البحرى Wave - cut - platform.
Tidal - power	الطاقة المدية.
Tidal - surges	الجشنات المدية التى تؤدى إلى إغراق السواحل التى تتعرض لها وعادة ما يتوافق أثناء حدوثها المد المرتفع الربيعى مع هبوب عواصف بحرية.
Tidal - waves	أمواج مدية.
Tide - guage	مقياس المد والجزر.
Tide - internal	المد الداخلى.

Tompolo	إحدى الظاهرات الناتجة عن الإرساب بالمناطق الساحلية وتعرف بـ «تومبولو».
Trough	حوض بحرى طولى الشكل.
Tsunami	أمواج التسونامى.

(U)

Under - two	تيارات سفلية فى المياه الشاطئية ترتد نحو البحر.
Undulations	تموجات تحدث بسطح ماء البحر قبيل تولد الأمواج بفعل الرياح.
Up welling	حركة تقلب رأسى للمياه.

(W)

Water - viscosity	لزوجة مياه البحر.
Water - Density	كثافة مياه البحر.
Waves	أمواج
Waves cut - platform	رصيف نحت الأمواج.
Waves direction	اتجاه الموجة.
Wave - height	ارتفاع الموجة.
Wave- length	طول الموجة.
Wave guage	جهاز قياس الأمواج.

(Z)

Zero - energy - coast	سواحل تختفى منها الأمواج.
Zooplankton	الزوبلانكتون ويتكون من أنواع عديدة من كائنات بحرية دقيقة حيوانية غير الفتيوبلانكتون Phytoplankton النباتى.
Zostera	حشائش ثعبان البحر.

المراجع العربية

١ ـ الهادى أبو لقمة ومحمد الأعور، الجغرافيا البحرية، بنغازى.

٢ ـ جودة حسنين جودة (بدون تاريخ نشر) جغرافية البحار والمحيطات، منشأة المعارف، الإسكندرية.

٣ ـ جودة حسنين جودة (١٩٧٩) معالم سطح الأرض، دار النهضة العربية، بيروت.

٤ ـ حسن سيد أبو العينين (١٩٧٩) الأوقيانوغرافيا (دراسات فى جغرافية البحار والمحيطات)، الطبعة الثالثة، بيروت.

٥ ـ شريف محمد شريف (١٩٦٤) جغرافية إلبحار والمحيطات)، الأنجلو المصرية، القاهرة.

٦ ـ عبد العزيز طريح شرف (١٩٨٦) جغرافية البحار، الرياض.

٧ ـ محمد صبرى محسوب (١٩٧٩) ساحل البحر الأحمر فيما بين رأس حمس شمالا ورأس بناس جنوبا دراسة فى الجغرافيا الطبيعية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة القاهرة.

٨ ـ محمد صبرى محسوب سليم (١٩٩١) جيومورفولوجية السواحل، دار الثقافة والنشر والتوزيع، القاهرة.

٩ ـ محمد صفى الدين أبو العز، مورفولوجية الرفارف القارية، مقال بحوليات كلية الآداب جامعة القاهرة ـ العدد الثانى لسنة ١٩٦٠.

١٠ ـ محمد متولى (١٩٧٥) حوض الخليج العربى، الطبعة الثانية، الأنجلو المصرية، القاهرة.

١١ ـ يوسف عبد المجيد فايد، دراسات فى الأوقيانوغرافيا، دار النهضة العربية، القاهرة.

ثانيا - المراجع الأجنبية

1 - Barnes, H., Oceanography and Marine and Marine Biology,. London, 1956.

2 - Barnes, H, Apparatus and Methods of oceanography, London, 1956.

3 - Bascom, W.N., Ocean waves in Oceanography, ascientific American San Francisco, 1960.

4 - Bates. D. R, (Editar), The Planet Earth, London, 1957.

5 - Beer, T., Environmental Oceanography (An Introduction to the Behaviour of Coastal Water, London, 1983).

6 - Bird, E. C. F., Coasts (An Introduction to Geomarphology) 4 th ed, London, 1978.

7 - Brooks, C. S. P., Climate througt the Ages, London.

8 - Bullen, K.E., Seismology. London 1954.

9 - Butzer, K. W., Geomorphology from the Earth, New York, 1976.

10 - Byers, H. R., General Meteorology, New York, 1944.

11 - Carson, R. L., The Sea Around Us, London. 1951.

12 - Carson, R. L., The Edge of The Sea, London, 1955.

13 - Coker, R. E., The Great and Wide Sea, Univ. of North Carolina Press, 1949.

14 - Cotter, C. H., The Physical Geography of the Oceans, London, 1966.

15 - Cowen, R. C.. Frontiers of the Sea, London, 1960.

16 - Daly, R. A., Lgneous rocks and the depths of the Earth London 1933.

17 - Daly R. A., Strength and structure of the Earth, New York, 1940.

18 - Daly, R. A., the floor of the Ocean, Univ of North Caralina, Preess, 1949.

19 - Davies, J. L., Geographical variation in Coastal develpment, London, 1980.

20 - Defant, A. Ebb and Flow, Univ of Michigan Press, 1958.

21 - Defant. A., Physical Oceanography, London, 1958.

22 - Derbyshire and etal, Geomorphological Processes, London, 1979.

23 - Dury, G. H., The Face of the Earth, London, 1959.

24 - Gardner, J.S., Physical Geography, New York, 1977.

25 - Gaskell, T. F., Under the Deep Ocean, London, 1948.

26 - Guilcher, A., Coastal and Submarine marpholsgy, London, 1958.

27 - Herdman, W. A., Founders of Oceanography and Thier Wark., London. 1923.

28 - Hickling, C. F and Brown, P. L., The Sea and Oceans in Colour, London, 1973.

29 - Hill, M. N., (Editor) the Sea, London, 1963.

30 - Holmes, A., principles of physica, Geology, London, 1964.

31 - Jardine, J., not. Phil (O) London, 1974.

32 - Johnson, D. W., Shore Processes and Shore line Development, London, 1938.

33 - Joly, J., the surface History of the Earth, London, 1925.

34 - Kendrew, W. G., Climatology, London, 1949.

35 - Keunen, P. H., Marine Geology, London, 1950.

36 - Keunen, P. H., Realm of Water, London, 1955.

37 - King, C. A. M., Oceanography for Geographers. London, 1965.

38 - King, C. A. M., Beaches and Coasts, London, 1956.

39 - King, C. A. M., Introdution to Marine Geology and Geomarphology, London, 1974.

40 - Lobeck, A. K., Geomorphology, London, 1939.

41 - Macmillan, D. H., Waves and tides, London, 1952.

42 - Mankhouse, F. J., Dictionary of Geog 2nd ed, London, 1978.

43 - Murstuv, M. V., The Origin of Continents and Ocean Basins (English translation) Moscow, 1977.

44 - Newson, M. D., and Hanwell, J. D., Systimatic ohysieal Geography, London, 1970.

45 - Petterson. H., Westward Ho with the Albatros. London, 1949.

46 - The Ocean Floor, Yale - Univ., 1954.

47 - Proudman. J. Dynamical Oceanography, London, 1953.

48 - Ritchie, Capt. G. S. (Challenger) the life of a survey Ship, London, 1957.

49 - Rossby, C. G., (The Scientific Basic of modern Metesrology) quinate and man.

50 - Sharma, R. C., and Vatal, M., Oceanography for Geographers, and ed, Allah Abad, 1970.

51 - Shepard, F.P., Sub marine Geology, New York, 1948.

52 - Smart, W. M., the Origin of the Earth, London, 1950.

53 - Sparks, B. W., Geomorphology, London, 1961.

54 - Steers, J. A., The Sea Coast, London, 1953.

55 - Strahler, A. N., and Straheler, A. H., Modern Physical Geag, New York, 1976.

56 - Sutton, G. (Editor) the World Around Us, London, 1960.

57 - Sevrdup, H. U., Oceanography for meteorolsgists, London, 1945.

58 - H. U., (et all) the Ocean, New York, 1946.

59 - Thornbury, W. D., Principles of Geomorphology, New York and London, 1954.

60 - Wegner, A, the Origin of Continents and Oceans, London, 1924.

61 - Williams, W. W., Coastal Changes, London, 1960.

62 - Zekovich, V. P., Processes of Coastal Development (English Trans).

63 - Zekovich, V. P., Sea Bed, (English Trans), 1958.

64 - Zeuner, F. E., Dating the Past, London, 1946.

فهرس الأشكال

فهرس الصور الفوتوجرافية